PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-009004

(43) Date of publication of application: 11.01.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/205 H01L 33/00 H01S 5/223 H01S 5/343

(21)Application number: 2000-347669

(71)Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO

LTD

(22)Date of filing:

15.11.2000

(72)Inventor: KIDOGUCHI ISAO

ISHIBASHI AKIHIKO SUGAWARA TAKESHI TSUJIMURA AYUMI **BAN YUZABURO** SUZUKI MASAKATSU

KUME MASAHIRO MIYANAGA RYOKO MORITA KIYOYUKI

HASEGAWA YOSHITERU

(30)Priority

Priority number: 11324010 Priority date: 15.11.1999 Priority country: JP 24.12.1999 11367169 JP 11369834 27.12.1999 JP 2000018407 27.01.2000 JP 2000025931 03.02.2000 JP

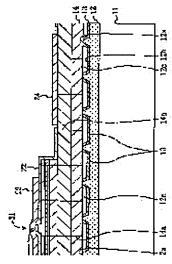
2000048824 25.02.2000 2000120760 21.04.2000 2000120761 21.04.2000

(54) METHOD OF MANUFACTURING NITRIDE SEMICONDUCTOR, NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD OF MANUFACTURING THE SAME SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a nitride semiconductor formed through an ELOG method in crystallinity, to enable a resonator to have a large light confining coefficient, to form the resonator whose edge face is reduced in mirror loss, and to easily align a mask for forming a ridge.

SOLUTION: A GaN seed layer 12 for ELOG is formed on a sapphire substrate 11 through the intermediary of a low-temperature GaN buffer layer, and stripe-shaped protuberant parts 12a extending in the plane direction of the substrate and separating from one another by a certain space are provided to the upper part of the GaN seed layer 12. In succession, a silicon nitride film 13 is



JP

JP

JP

formed on the bases and wall surfaces of recessed parts 12b each interposed between the protuberant parts 12a, and then a GaN selection growth layer 14 is formed above the seed layer 12, coming into contact with the protuberant parts 12a so as to form air gaps between its under surface and the bases of the recessed parts 12b.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3571641

[Date of registration]

02.07.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(P2002-9004A)

(43)公開日 平成14年1月11日(2002.1.11)

デ-73-ト*(参考)	5F041	C 5F045	5 F 0 7 3	
Ι£	H01L 21/205	33/00	H01S 5/223	5/343
戴別記号	205	00	23	343
(51) Int CL?	H01L 21/2	0/88	H01S 5/223	5/3

(全 45 頁) 請求項の数111 01 客堂離水 有

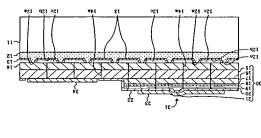
(21)出顧番号	特 期 2000—347669(P2000—347669)	(71) 出頭人 000005821 松下電器	000005821 松下電器産業株式会社	
(22)出版日	平成12年11月15日(2000.11.15)		大阪府門真市大字門真1006番地	
		(72)発明者	大百口 聚	
(31)優先権主張番号 特爾平11-324010	特 國平11—324010		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器	松下重器
(32)優先日	平成11年11月15日(1999.11.15)		産業株式会社内	
(33)優先権主張国	日本 (JP)	(72) 発明者	(72)発明者 石橋 明彦	
(31)優先権主張番号	特膜平11-367169		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器	松下鐵器
(32)優先日	平成11年12月24日(1999, 12.24)		庭業株式会社内	
(33)優先権主張国	日本 (JP)	(74)代理人 100077931	100077931	
(31)優先権主張番号	特 類平11-369834		并理士 前田 弘 (外7名)	
(32)優先日	平成11年12月27日(1999.12.27)			
(33)優先権主費回	日本 (JP)			
				最終页に続く

窒化物半導体の製造方法、窒化物半導体素子の製造方法、窒化物半導体素子、半導体発光案子及 びその製造方法 (54) [発明の名称]

(51) [要約]

た、ミラー損失が少ない共振器端面を形成できるように 【輠題】 ELOG注による結晶性の向上を図り、共振 器への光の閉じ込め係数値を大きくできるようにし、ま し、導波損失が少ない共振器を形成できるようにし、リ ッジ部形成用のマスクの位置合わせを容易に行なえるよ

からなるシード層12を形成し、数シード層12の上部 の凸部12aを形成する。続いて、凸部12a同士に挟 まれてなる各四部12bの底面及び壁面上に窒化シリコ 2の上に、各凸部12aと接するようにGaNからなる 選択成長層14をその下面と溝部126の底面との間に Nからなる低温パッファ陽を介してELOG用のGaN に基板面方向に互いに間隔をおいて延びるストライプ状 ンからなるマスク膜13を形成し、その後、シード菌1 【解決手段】 サファイアからなる基板11上に、Ga 空隙部12cが設けられるように形成する。



L, u, v, wば, 0≦u, v, w≦1, u+v+w= 1である。)からなる第1の窒化物半導体履を形成する [請求項1] 基板上に、Alu Gav In N (但

互いに隣接する前記凸部同士に挟まれてなる回部の底面 前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、 を覆うマスク膜を形成する工程と、

前記第1の窓化物半導体層の上に、前記マスク膜から隣 出する前記各凸部の頂面であるこ面を植結晶として、A y, z≤1、x+y+z=1である。) からなる第2の 窒化物半導体層を成長する工程とを備えていることを特 1x Gay Inz N ((EL, x, y, z t , 0 ≤ x, 徴とする窓化物半導体の製造方法。

アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸化 【請求項3】 前記誘電体は、鑑化シリコン、酸化シリ コン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸化 【精求項2】 前記マスク膜は誘電体からなることを特 ニオブであることを特徴とする請求項2に記載の窒化物 **数とする請求項1に記載の窒化物半導体の製造方法。** 半導体の製造方法。 【請求項4】 前記マスク膜は高機点金属又は高機点金 届化物からなることを特徴とする請求項1に記載の窓化 物半導体の製造方法。

サイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイドで あることを特徴とする請求項4に記載の強化物半導作の タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステンシリ 【請求項5】 前記高融点金属又は高融点金属化物は、

1である。)からなる第1の窒化物半導体層を形成する L, u, v, wは, 0≦u, v, w≦1, u+v+w= [請求項6] 基板上に、Alu Gav In N (但

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、

互いに鞣接する前記凸部同士に挟まれてなる回部の底面 とその壁面の少なくとも一部とを覆うマスク膜を形成す 前記第1の窒化物半導体層の上に、前記各凸部における Gay Inz N (但L、x, y, zは、0≤x, y, z ≤1、×+y+z=1である。)からなる第2の窒化物 半導体層を成長する工程とを備えていることを特徴とす 前記マスク膜から露出する領域を種結晶として、AIx る窒化物半導体の製造方法。

【請求項7】 前記マスク膜は誘電体からなることを特 徴とする請求項6に記載の窒化物半導体の製造方法。

アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸化 コン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸化 【請求項8】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シリ

特開2002-9004

8

ニオブであることを特徴とする請求項7に記載の蜜化物 半導体の製造方法。 【請求項9】 前記マスク膜は高機点金属又は高融点金 頃化物からなることを特徴とする請求項6に記載の窓化 物半導体の製造方法。

は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン ドであることを特徴とする請求項9に記載の選化物半導 シリサイド、モリンデンシリサイド又はニオブシリサイ 【請求項10】 前記高徹点金属又は高融点金属化物 体の製造方法 2

【請求項11】 場板上に第1の窓化物半導体層を形成 する工程と、 前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に開隔をおいて延びる複数の清部を形成する工程と、 前記溝部の底面を覆うマスク膜を形成する工程と、

前記第1の変化物半導体層の上面における前記各溝部制 土の間に前記マスク膜から露出するこ面を種結晶とし

て、基板側から、第2の発化物半導体層と、核第2の窒 化物半導体防よりもエネルギーギャップが小さい第3の 室化物半導体層からなる活性層と、核活性層よりもエネ ルギーギャップが大きい第4の変化物半導体層とを含む ように積層体を成足する工程と、

20

前記核層体の上に、前記语性層にキャリアを選択的に注 入する電流狭窄部を形成する工程とを備えていることを 特徴とする強化物半導体表子の製造方法。

[請求項12] 前記複数の溝部を形成する工程は、前 記第1の変化物半導体層の上に、波第1の窒化物半導体 **騒をストライプ状に覆うレジストマスクを形成し、形成** したレジストシスクを用いて消消第1の発出物下導体的 前記マスク膜を形成する工程は、前記レジストマスクを リフトオフする工程を含むことを特徴とする請求項11 に記載の窒化物半導体系子の製造方法。

に対してエッチングを行なう工程を含み、

30

【請求項13】 前記マスク膜は誘電体からなることを

特徴とする請求項11に記載の窒化物半導体素子の製造

【請求項14】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ リコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 化ニオブであることを特徴とする請求項13に記載の窒

40

【請求項15】 前記マスク膜は、電子サイクロトロン **共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求項** 化物半導体素子の製造方法。

【精末項16】 前記マスク膜は、電子サイクロトロン **共鳴スパッタ法を用いて形成することを特徴とする請求** 項13に記載の窒化物半導体素子の製造方法。 1.3に記載の窓化物半導体素子の製造方法。

【請求項17】 前記マスク膜は高融点金属又は高融点 **金属化物であることを特徴とする請求項11に記載の窓** 化物半導体素子の製造方法。

は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステンシリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイドであることを特徴とする請求項17に記載の窒化物半導体珠子の製造方法。

[請求項19] 基板上に第1の窒化物半導体層を形成

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に関係をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、 前記溝部の底面とその壁面の少なくとも一部とを獲りマ

スク膜を形成する工程と、

前記第1の窒化物半導体層の上における前記各議部同士の間に前記マスク膜から韓出する領域を積結晶として、基板側から、第2の窒化物半導体層と、該第2の窒化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第3の窒化物半導体層からなる活性層と、該活性層よりもエネルギーギャップが大きい第4の窒化物半導体層と含さむように積層体を成長する工程と、

前記預路体の上に、前記活性隔にキャリアを遊扱的に注入する種流狭窄部を形成する工程とを備えていることを 特徴とする箋化物半導体殊子の製造方法。

20

「請求項20」 前記複数の溝部を形成する工程は、前記第1の窒化物半導体配の上に、該第1の窒化物半導体 層をストライブ状に覆うレジストマスクを形成し、形成 したレジストマスクを用いて前記第1の窒化物半導体図 に対してエッチングを行なう工程を含み、 前記マスク酸を形成する工程は、前記レジストマスクを リフトオフする工程を含むことを特徴とする請求項19 に記載の窒化物半導体素子の製造方法。 [請求項21] 前記マスク膜は誘電体からなることを

[請求項21] 前記マスク版は終電体からなることを 特徴とする請求項19に記載の窒化物半導体素子の製造 方法。 [請求項22] 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ

リコン、敵化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 化ニオブであることを特徴とする請求項21に記載の窒

化効半導体の製造方法。 【請求項23】 前記マスク膜は、電子サイクロトロン 共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求項 21に記載の選化物半導体兼子の製造方法。

【請求項24】 前記やスク膜は、電子サイクロトロン 共鳴スペック法を用いて形成することを特徴とする請求 項21に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

40

項21に記載の登代物半導体※十の製造方法。 「諸状項25」 前記マイク膜は高糖点金属又は高糖点 金属化物からなることを特徴とする諸状項19に記載の

窒化物半導体素子の製造方法。 【請求項26】 前記補限点金属又は高限点金属化物 は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステンシリサイド、モリブデンシリサイドスはニオブンリサイ

導体素子の製造方法。

【請求項27】 - 基板の上部に、基板面方向に互いに並行して延びる複数の凸部を形成する工程と、

前記基板の上の前記各凸部の頂面に、A1x Gay In z N (但し、x, y, z t, $0 \le x$, y, $z \le 1$, x + y + z = 1 である。) からなる窒化物半導体配を選択的に成長する工程とを備えていることを特徴とする窒化物半導体の製造方法。

[請求項28] 前記基板は塗化物半導体からなり、 前記凸部を形成する工程と前部箋化物半導体極を成長す る工程との間に、

10

互いに隣接する前記凸部同士に挟まれてなる凹部の底面を覆う、誘電体、高触点金属又は高触点金属化物からなるマスク膜を形成する工程をさらに備えていることを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体の製造方法。 【請求項29】 基板の上部に、基板面方向に互いに関係をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、

前記基板の上面における前記各構部同士の間の領域上に、基板側から選択的に、第1の窒化物半導体層と、該第1の窒化物半導体層と、該第1の窒化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第2の窒化物半導体層からなる活性層と、該活性層よりもエネルギーギャップが大きい第3の窒化物半導体層とを含むように積層体を成長する工程と、

前記積層体の上に、前記活性層にキャリアを選択的に注入する電流狭窄のである子を 入する電流狭窄部を形成する工程とを備えていることを 特徴とする窒化物半導体来子の製造方法。 [精末項30] 前記積層体を成長する工程は、前記各 溝部の底面及び壁面と、前記積層体における前記溝部の 対向面とにより囲まれてなる複数の空隙部を形成する工程を含むことを特徴とする諸求項29に記載の半導体素 子の製造方法。 「翻木項31】 前記積層体を成長する工程は、前記積 層体を前記基板上に*パッファ*層を介在させることなく成 長させることを特徴とする請求項29に記載の半導体発 光素子の製造方法。 「翻求項32】 基板上に順次形成され、第1の室化物半導体層、該第1の窒化物半導体層よりも光の屈折率が大きい第2の窒化物半導体層からなる活性層及び該活性層よりも光の屈折率が小さい第3の窒化物半導体層とを含む積層体と、

前記積層体の上に形成され、前記活性層にキャリアを造 択的に注入する電流狭窄部とを備え、 前記活性層における前記電流狭窄部の下方で且の前記活性層に指しる前記では一般では 性層と前記基板との間の領域に密隙部が形成されている

ことを特徴とする窒化物半導体素子。

[請未項33] 前記空際部の上には、前記第1の室化物半導体層の光の屈折率よりも小さいか又は同等の屈折率を持つ第4の選化物半導体層が形成されていることを特徴とする請求項32に記載の窒化物半導体素子。

【請求項34】 基板上に形成され、上部に互いに関隔

20

ドであることを特徴とする請求項25に記載の窒化物半

をおいて基板面方向に延びる複数の凸部を有する第1の 窒化物半導体層と、

前記第1の窒化物半導体圏の上に、下面が前記各凸部の 頂面と接するように形成された第2の窒化物半導体圏 前記第2の室化物半等体階の上に形成され、第3の室化物半導体配、誘第3の室化物半導体配より光の屈折率が大きい第4の窒化物半導体配からなる活性圏及び終活性層よりも光の區が率が小さい第5の窒化物半導体層とを含む積層体とを備え、

的記第2の変化物半導体層は、前記第3の変化物半導体 腎の光の庭折率よりも小さいか又は同等の屈折率を持つ ことを特徴とする変化物半導体表子。

「請求項35】 歯部凸部同士の間に形成され、前記第20窒化物半導体圏の光の配折率よりも小さい配折率を持つ応用指数を持したのによる特徴とする請求項・4・1・2 計画のからまます。

34に記載の窒化効半導体素子。【請求項36】 前記低照折率領域は空隙部であることを特徴とする請求項35に記載の窒化物半導体素子。

【請求項37】 前記第2の窒化物半導体限と前記第3の窒化物半導体限との電に形成され、前記第2の窒化物半導体限及は前記第3の窒化物半導体階の光の距析率よりも小さい又は同等の匝桁率を持つ超椅子構造を有し、上面が電極と技触する第6の窒化物半導体圏をさらに編えていることを特徴とする請求項34に記載の窒化物半導体率を

【請求項38】 前記第2の窒化物半導体層は組成にア

ルミニウムを含んでおり、

それぞれが、前記第1の箋化物半導体格と前記第2の窒化物半導体格と前記第2の窒化物半導体格との間に前記各凸部の頂面とその近像との分を覆うように形成され、アルミニウムの組成が前記第2の箋化物半導体層のアルミニウムの組成よりも小さい複数の第6の窓化物半導体層をさらに備えていることを特徴とする語表項34に記載の窓化物半導体素子。

前記第1の変化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に間隔をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、 前記溝部の底面を覆うマスク膜を形成する工程と、

【請求項39】 基板上に第1の窒化物半導体層を形成

する工程と、

前部第1の変化物半導体圏の上面における前記を連結局上 上の間に前記マスク膜から露出するC面を植結晶として、基板側から、第2の窒化物半導体層と、第3の窒化 物半導体層と、旋第3の窒化物半導体層よりも光の固折 尋が大きい第4の窒化物半導体層よりも光の固折 各が大きい第4の窒化物半導体層からなる活性圏と、該 活性層よりも光の風が率が小さい第5の窒化物半導体層 とを合むように積層体を成長する工程と、 自動発体値のトド。前部共体層によって水準財産に注

とを含むように類階体を成長する工程と、 前記積陽体の上に、前記活性陽にキャリアを造択的に注 入する電流狭窄部を形成する工程とを備え、 前記積層体を成長する工程は、前記第2の窒化物半導体

の の 助所やよりも小さいか、XIIM等となるように成長する 工器を含むことを特徴とする条化物率導体素子の製造方

特開2002-9004

€

[結束項40] 前記積層体を成長する工程は、 前記第2の発化物学等体層の組成がアルミニウムを含む場合に、 前記が1の室化物半導体層と前記が2の窓化物半導体格との間に、アルミニウムの組成が前記が2の窓化物半導体層のアルミニウムの組成よりも小さい複数の第6の窓化物半導体層を崩退し端の頂面とその近傍のキとを覆うように形成する工程を含むことを特徴とする請求項39ように形成する工程を含むことを特徴とする請求項39

に記載の窓化物半導体素子の製造方法。 【請求項41】 前記積層体を成長する工程は、

前記第2の発化物半導体が上前記第3の変化物半導体が との間に、前記第2の変化が半導体例又は前記第3の変 化物半導体層の光の値折中よりも小さいか、又は同等の値 折率を持つ超格子構造を有する第6の変化物半導体圏を 形成する工程を含むことを特徴とする請求項39に記載 の変化物半導体素子の製造方法。

【結束項42】 前記数数の溝部を形成する工程は、前記第10発化物半導体がの上に、該第10発化物半導体 務をストライブ状に殺うレジストマスクを形成し、形成 したレジストマスクを用いて前記第10強化物半導体 に対してエッチングを行なう工程を含み、

前記マスク版を形成する工程は、前記レジストウスクを リフトオフナる工程を含むことを特徴とする請求項 3 9 に記載の発化物半導体基子の製造方法。

[新来項43] 前記マスク版は諸電体からなることを 特徴とする語来項39に記載の等化物半導体素子の製造 「請求項44」 前認務電信は、窓化シリコン、酸化ツリコン、酸化液化ンリコン、酸化液化シリコン、酸化プルミニウム、窓化液化化アルミコウム、窓化ナルンコーウムXは酸化コオブであることを特徴とする請求項43に記載の強化物準導体基子の製造力法。

【諸末項45】 前記マスク版は、追子サイクロトロン共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求項43に記載の選化物半導体系子の製造方法。

【語来項46】 前記マスク版は、電子サイクロトロン共動スパック記を用いて形成することを特徴とする語来項43に認成の塞化物半導体表子の製造方法。

[請求項47] 前記マスク版は高級点金属又は高級点金属又は高級点金属化物からなることを特徴とする請求項39に記扱の変化物半導体表手の製造方法。

「結果点48】 前記店発点会域又は直敷点金域化物は、タングステン、モリンデン、ニオン、タングステンソリカイド、モリンデンシリサイドスはニオブシリサイドであることを特徴とする結果項47に記載の選化物半

算体表子の製造方法。 【請求項49】 - 基板上に第1の変化物半導体層を形成

20

習を、その光の屈折率が前記第3の窒化物半導体層の光

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い 前記溝部の底面とその壁面の少なくとも一部とを覆うマ に間隔をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、 スク膜を形成する工程と、

大きい第4の窒化物半導体層からなる活性層と、該活性 尊体層と、該第3の窒化物半導体層よりも光の屈折率が **層よりも光の屈折率が小さい第5の窒化物半導体層とを** 前記第1の窒化物半導体層の上における前記各溝部同士 基板側から、第2の窒化物半導体層と、第3の窒化物半 の間に前記マスク膜から露出する領域を積結晶として、 含むように積層体を成長する工程と、

前記積層体の上に、前記活性層にキャリアを選択的に注 入する電流狭窄部を形成する工程とを備え、 前記積層体を成長する工程は、前記第2の窒化物半導体 **碣を、その光の屈折率が前記第3の窒化物半導体層の光** の屈折率よりも小さいか又は同等となるように成長する 工程を含むことを特徴とする窒化物半導体素子の製造方

前配第2の窒化物半導体層の組成がアルミニウムを含む 【請求項50】 前記積層体を成長する工程は、

前記第1の窒化物半導体層と前記第2の窒化物半導体層 との間に、アルミニウムの組成が前記第2の選化物半導 体層のアルミニウムの組成よりも小さい複数の第6の窒 ように形成する工程を含むことを特徴とする請求項49 化物半導体層を前記凸部の頂面とその近傍のみとを覆う に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

形成する工程を含むことを特徴とする請求項49に記載 前記第2の窒化物半導体層と前記第3の窒化物半導体層 化物半導体層の光の屈折率よりも小さいか又は同等の屈 折率を持つ超格子構造を有する第6の窒化物半導体圏を との間に、前記第2の窒化物半導体層又は前記第3の窒 【請求項51】 前記積層体を成長する工程は、 の窒化物半導体素子の製造方法。 【請求項52】 前記複数の溝部を形成する工程は、前 したレジストマスクを用いて前記第1の窒化物半導体層 前記マスク膜を形成する工程は、前記レジストマスクを リフトオフする工程を含むことを特徴とする請求項49 記第1の窒化物半導体層の上に、該第1の窒化物半導体 **層をストライプ状に覆うレジストマスクを形成し、形成** に対してエッチングを行なう工程を含み、 に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項53】 前記マスク膜は誘電体からなることを 特徴とする請求項49に記載の窒化物半導体素子の製造

化ニオブであることを特徴とする請求項53に記載の窒 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 【請求項54】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ リコン、酸化窒化シリコン、酸化アルドニウム、窒化酸

20

化物半導体素子の製造方法

共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求項 【請求項55】 前記マスク膜は、電子サイクロトロン 5.3に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

共鳴スパッタ法を用いて形成することを特徴とする請求 【請求項56】 前記マスク膜は、電子サイクロトロン 項53に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項57】 前記マスク膜は高融点金属又は高融点 金属化物からなることを特徴とする請求項49に記載の 窒化物半導体素子の製造方法。

は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン シリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイ ドであることを特徴とする請求項57に記載の窒化物半 【請求項58】 前記高融点金属又は高融点金属化物 導体素子の製造方法。 【請求項59】 基板上に、A 1 u G a v I n w N (但 L, u, v, wは, O≦u, v, w≤1, u+v+w= 1である。)からなる第1の窒化物半導体層を形成する

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、

互いに隣接する前記凸部同士に挟まれてなる凹部の底面 前記第1の窒化物半導体層の上に、前記マスク膜から諡 を覆うマスク膜を形成する工程と、

y, z≤1、x+y+z=1である。) からなる複数の 出する前記各凸部の頂面であるC面を種結晶として、A lx Gay Inz N (但し、x, y, zは、0≦x, 第2の窒化物半導体層を成長する工程とを備え、 前記複数の第2の窒化物半導体層を形成する工程は、前 前記凸部が延びる方向と平行な側端面が韓田するように 記各第2の窒化物半導体層を、各第2の窒化物半導体層 形成する工程を含むことを特徴とする窒化物半導体の製 が拒記複数の凸部のうちの所信数の凸部を跨ぐごとに、

【請求項60】 前記匈端面はA面又はM面であること を特徴とする請求項59に記載の窒化物半導体の製造方 【請求項61】 前記複数の凸部を形成する工程は、前 記複数の凸部の形成周期を、前記側端面が露出する領域 に形成することを特徴とする請求項59に記載の窒化物 が前記倒端面が韓田しない領域と比べて大きくなるよう 半導体の製造方法。

【請求項62】 前記マスク膜は誘電体からなることを 特徴とする請求項59に記載の窒化物半導体の製造方

リコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 化ニオブであることを特徴とする請求項62に記載の窒 【請求項63】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ 化物半導体の製造方法。

「請求項64】 前記マスク膜は高融点金属又は高融点 金属化物からなることを特徴とする請求項59に記載の **窒化物半導体の製造方法。**

ドであることを特徴とする請求項64に記載の窒化物半 は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン シリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイ 【請求項65】 前記高融点金属又は高融点金属化物

L, u, v, wは, 0≤u, v, w≤1, u+v+w= [請求項66] 茲板上に、Alu Gav In N (用 1である。) からなる第1の窒化物半導体層を形成する

互いに隣接する前記凸部同士に挟まれてなる四部の底面 前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い とその壁面の少なくとも一部とを覆うマスク膜を形成す に間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、

Gay In: N (ほし、x, y, z(は、0≦x, y, z 前記第1の窒化物半導体層の上に、前記各凸部における ≤1、×+y+2=1である。)からなる複数の第2の 前記マスク膜から露出する領域を種結晶として、ALx **窒化物半導体層を成長する工程とを備え、**

前記複数の第2の窒化物半導体層を形成する工程は、前 形成する工程を含むことを特徴とする窒化物半導体の製 記各第2の窒化物半導体履を、各第2の窒化物半導体隔 前記凸部が延びる方向と平行な側端面が韓出するように が前記複数の凸部のうちの所定数の凸部を跨ぐごとに、

を特徴とする請求項66に記載の窒化物半導体の製造方 【請求項67】 前記伽端面はA面又はM面であること

30

記複数の凸部の形成周期を、前記側端面が露出する領域 【請求項68】 前記複数の凸部を形成する工程は、前 に形成することを特徴とする請求項66に記載の窒化物 が前記回端面が露出しない領域と比べて大きくなるよう 半導体の製造方法。

【請求項69】 前記マスク膜は誘電体からなることを 特徴とする間水項66に記載の窒化物半導体の製造方

【請求項70】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 リコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化ニオブであることを特徴とする請求項69に記載の窒 化物半導体の製造方法。

金属化物からなることを特徴とする請求項66に記載の 【請求項71】 前記マスク膜は高融点金属又は高融点 窒化物半導体の製造方法。

シリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイ は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン 【請求項72】 前記高融点金属又は高融点金属化物

特開2002-9004

9

ドであることを特徴とする請求項71に記載の窒化物半

【請求項73】 基板上に第1の選化物半導体層を形成

前記第1の変化物半導体層の上部に、基板面方向に互い 当認第1の後化物半導体層の上面における追認各議部国 こ間隔をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、 前記溝部の底面を覆うマスク膜を形成する工程と、

土の間に前記マスク膜から隣出するC面を種籍品とし

と、該第2の鑑化物半導体層よりもエネルギーギャップ が小さい第3の変化物半導体層からなる活性層と、該語 性層よりもエネルギーギャップが大きい第4の盗化物半 単体層とを含むように複数の樹層体を成長する工程と、 て、基板側から、それぞれが、第2の流化物半導体的

前記各積層体の上に、前記活性層にキャリアを選択的に 核積層体が前記第1の流化物半導体層の前記の面を所定 数だけ野くごとに信託追請狭谷部からなる共凝器端直が 露出するように形成する工程を含むことを特徴とする第 注入する電流狭窄部をそれぞれ形成する工程とを備え、 前記複数の積層体を成長する工程は、前記各積層体を、 化物半導体素子の製造方法。

【錦水項74】 作記共極器端面はA面叉はM部である ことを特徴とする請求項7.3に記載の発化物半導体表で 【請求項75】 前記複数の溝部を形成する工程は、前 記複数の清部の形成周期を、前記共擬器端面が露出する 対域が、前記共振器端面が露出しない領域と比べて大き くなるように設定することを特徴とする請求項73に記 載の窒化物半導体素子の製造方法。 【請求項76】 前記マスク膜は誘進体からなることを 特徴とする請求項73に記載の発化物半導体素子の製造

【請求項77】 前記誘電体は、盗化シリコン、酸化シ リコン、核化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 化ニオブであることを特徴とする請求項76に記載の窯

【韓永項78】 前記マスク版は高像点金属又は高機点 金属化物からなることを特徴とする請求項73に記載の 窒化物半導体素子の製造方法。 化物半導体素子の製造方法。

は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン シリサイド、モリブデンシリサイド又はコオブシリサイ ドであることを特徴とする請求項78に記載の選化物半 【請求項79】 前記高層点金属又は高體点金属化物

【請求項80】 基板上に第1の変化物半導体騒を形成 導体素子の製造方法。

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い に間隔をおいて延びる複数の滞留を形成する工程と、

哲記講部の底面とその陰面の少なくとも一部とを覆うマ

8

スク膜を形成する工程と、

りもエネルギーギャップが大きい第4の窒化物半導体層 前記第1の窒化物半導体層の上における前記各溝部同士 基板側から、それぞれが、第2の窒化物半導体層と、該 第2の窒化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さ ハ第3の窒化物半導体層からなる活性層と、該活性層よ の間に前記マスク膜から露出する領域を種結晶として、 とを含むように複数の積層体を成長する工程と、

前記各積層体の上に、前記活性層にキャリアを選択的に は入する 電流狭窄部をそれぞれ形成する工程とを備え、 前記複数の積層体を成長する工程は、前記各積層体を、

抜積層体が前記第1の窒化物半導体層の隣接する溝部同 士の間の領域を所定数だけ跨ぐごとに前記電流狭窄部か らなる共振器端面が露出するように形成する工程を含む ことを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。 【請求項81】 前記共板器端面はA面又はM面である ことを特徴とする請求項80に記載の窒化物半導体素子

記複数の溝部の形成周期を、前記共版器端面が露出する 【請求項82】 前記複数の溝部を形成する工程は、前 くなるように設定することを特徴とする請求項80に記 領域が、前記共板器端面が戯出しない領域と比べた大き 載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項83】 前記マスク膜は誘電体からなることを 特徴とする請求項80に記載の窒化物半導体素子の製造

化ニオブであることを特徴とする請求項83に記載の窒 リコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 【韓求項84】 前記誘電体は、窒化シリコン、酸化シ 化物半導体素子の製造方法。

【請求項85】 前記マスク膜は高融点金属又は高融点 金属化物からなることを特徴とする請求項80に記載の 窒化物半導体素子の製造方法。

ドであることを特徴とする請求項85に記載の窒化物半 は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン シリサイド、モリンゲンシリサイド又はニオブシリサイ 【請求項86】 前記高融点金属又は高融点金属化物 導体素子の製造方法。

【請求項87】 基板上に形成され、上部に互いに間隔 をおいて基板面方向に延びる複数の凸部を有する第1の 窒化物半導体層と、

側面の間に空隙部を持つように形成された第2の窒化物 前記第1の窒化物半導体層の上で且つ前記各凸部同士の

前記第2の窒化物半導体層の上に形成され、キャリアが 狭窄されて注入されるストライプ状の共振器を含む第3 の窒化物半導体層とを備え、

20 向とほぼ直交するように設けられていることを特徴とす 前記共振器は、生成光の共振方向が前記凸部が延びる方

物半導体層のA面であることを特徴とする請求項87に 【静水項88】 前記共振器の端面は、前記第3の鑑化 記載の窒化物半導体素子。

異なる複数の凸部を有する第4の窒化物半導体層をさら をおいて基板面方向に延び且つその頂面の位置が前記第 1の窒化物半導体層の凸部の頂面の位置と基板面方向に に備えていることを特徴とする請求項87に記載の窒化 【請求項89】 前記第2の窒化物半導体層と前記第3 の窒化物半導体層との間に形成され、上部に互いに間隔 物半導体素子。

をおいて 基板面 方向に延びる複数の凸部を有する第1の 基板上に形成され、上部に互いに間隔 窒化物半導体履と [請求項90]

前記第1の窒化物半導体圏の上で且つ前記各凸部同士の 側面の間に空隙部を持っように形成された第2の窒化物 半導体層と、

前記第2の窒化物半導体層の上に形成され、活性層を含 む第3の窒化物半導体隔とを備え、

前記第1の窒化物半導体層のC軸と前記第2の窒化物半 ことを特徴とする窒化物半導体素子 前記凸部の頂面はC面であり、 20

【請求項91】 基板上に第1の窒化物半導体層を形成 導体層のこ軸とがなす角度は、約0.05度以下である

前記第1の塞化物半導体層の上部に、互いに間隔をおい て基板面方向の一の方向に延びる複数の第1の溝部を形

前記第1の溝部の底面を覆う第1のマスク膜を形成する 成する工程と

前記第1の窒化物半導体層の上面における前記各第1の **溝部同士の間に前記第1のマスク膜から露出するC面を** 種結晶として、第2の窒化物半導体層を成長する工程 30

て前記一の方向に延び且つ互いに隣接する溝部同士の間 前記第2の窒化物半導体層の上部に、互いに間隔をおい の領域の位置が前記第1の溝部同士の間の領域の位置と 基板面方向に異なる複数の第2の溝部を形成する工程 前記第2の溝部の底面を覆う第2のマスク膜を形成する 40 前記第2の窒化物半導体層の上面における前記各第2の 済部同士の間に前記第2のマスク版から韓出するC面を 種結晶として、活性層を含む第3の窒化物半導体層を形

る工程とを備えていることを特徴とする窒化物半導体素 前記第3の窒化物半導体層の上に、生成光の共振方向が 前記一の方向とほぼ直交するように電流狭窄部を形成す

【請求項92】 基板上に第1の窒化物半導体層を形成

子の製造方法。

2

て 基板面 方向の一の方向に延びる複数の第1の溝部を形 前記第1の窒化物半導体層の上部に、互いに間隔をおい

츽記第1の溝部の底面とその號面の少なくとも一部とを 覆う第1のマスク膜を形成する工程と.

前記第2の窒化物半導体層の上部に、互いに関隔をおい 部同士の間に前記第1のマスク膜から露出する領域を種 前記第1の窒化物半導体層の上における前記各第1の溝 て前記一の方向に延び且つ互いに緊接する溝部同士の間 の領域の位置が前記第1の溝部同士の間の領域の位置と **結晶として、第2の窒化物半導体層を成長する工程と、 基板面方向に異なる複数の第2の溝部を形成する工程**

01

前記第2の溝部の底面とその壁面の少なくとも一部とを 置う第2のマスク膜を形成する工程と、

部同士の間に前記第2のマスク膜から露出する領域を種 結晶として、活性層を含む第3の窒化物半導体層を形成 前記第2の窒化物半導体層の上における前記各第2の溝

前記第3の窒化物半導体層の上に、生成光の共擬方向が 前記一の方向とほぼ直交するように電流狭窄部を形成す る工程とを備えていることを特徴とする窒化物半導体素 子の製造方法。

て基板面方向に延びる複数の第1の凸部を有する第1の **基板上に形成され、上部に開隔をおい** [請求項93]

で且つ前記第1の凸部同士の間隔と異なる間隔をおいて 延びる複数の第2の凸部を有し、活性層を含む積層体か 前記第1の半導体層の上に前記第1の凸部と接するよう に形成され、上部に前記第1の凸部が延びる方向と同一 らなる第2の半導体局とを備え、

30

性層に対してキャリアが注入されることを特徴とする半 前記複数の第2の凸部のうちの1つの頂面から、前記活

形成した第1の半導体層の上部に、基板面方向に間隔を 【請求項94】 基板上に、第1の半導体層を形成し、 おいて延びる複数の第1の凸部を形成する工程と、

前記第1の半導体隊の上に、その下面が前記第1の凸部 と接すると共に、活性層を含む積層体からなる第2の半 導体圏を形成し、形成した第2の半導体層の上部に前記 第1の凸部が延びる方向と同一で几つ前記第1の凸部同 士と異なる間隔をおいて延びる複数の第2の凸部を形成

前記複数の第2の凸部のうち、前記活性層にキャリアを 注入する凸部を進別するためのマスクの位置合わせ用の 目印を前記基板に形成する工程と、

8

特開2002-9004

ヒする半原体発光素子の製造方法。

前記第1の凸部を形成する工程は、形成した前記第1の 【請求項95】 前記第1の半導体層及び第2の半導体 資は変化物半導体からなり、

凸部同士の間に挟まれた領域に誘電体膜を形成する工程 前記目印を形成する工程は、前記目印を、前記第1の凸

部と基板面に垂直な方向で重ならず且つ前記第1の凸部 の近傍に位置する第2の凸部を認識できるように付する 工程を含むことを特徴とする請求項94に記載の半導体 発光素子の製造方法。

【請求項96】 - 基板上に第1の窒化物半導体層を形成 追割第1の強化物半導体層の上部に、場板面方向に互い に開隔をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、 する工程と、

前記第1の変化物半導体層の上面における前記各溝部同 土の間に前記マスク膜から韓出するC面を種結晶とし 前記溝部の底面を覆うマスク膜を形成する工程と、

て、基板側から、第2の窓化物半導体層と、該第2の窓 化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第3の **窒化物半導体層からなる活性層と、該活性層よりもエネ** ルギーギャップが大きい第4の変化物半導体層とを含む ように積層体を成長する工程と、 前記積層体の上部に、前記溝部が延びる方向と同一で見 つ前記溝部同士の間の間隔と異なる間隔をおいて延びる 複数の凸部を形成する工程と、

活性層にキャリアを注入するキャリア注入部を形成する 治的複数の凸部のうち、近記路路の上方が見つ近記路部 同士の間の領域の近傍に位置する品部を選択して、前記 工程とを備えていることを特徴とする半導体発光素子の

記第1の変化物半導体層の上に、該第1の落化物半導体 【請求項97】 前記複数の溝部を形成する工程は、前 層をストライブ状に覆うレジストマスクを形成し、形成 したレジストマスクを用いて前記第1の窓化物半導体的 に対してエッチングを行なう工程を含み、

前記マスク膜を形成する工程は、前記レジストマスクを リフトオフする工程を含むことを特徴とする請求項96 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項98】 前記マスク膜は誘電体からなることを 特徴とする請求項96に記載の半導体発光素子の製造方

40

リコン、酸化塩化シリコン、酸化アルミニウム、塩化酸 化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は酸 化ニオブであることを特徴とする請求項98に記載の半 [請求項99] - 前記移稿体は、選化シリコン、酸化シ

【請末項100】 前記マスク膜は、電子サイクロトロ ン共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求 項98に記載の窓化物半導体素子の製造方法。 専体発光系子の製造方法。

20

をキャリア注入部とする工程とを備えていることを特徴

前記マスクを用いて前記複数の第2の凸部のうちの1つ

前記目印により前記マスクの位置合わせを行なった後、

ノ共鳴スパッタ法を用いて形成することを特徴とする請 【請求項102】 前記マスク膜は高融点金属又は高融 【精末項101】 前記マスク膜は、電子サイクロトロ 気金属化物であることを特徴とする請求項96に記載の 求項98に記載の半導体発光素子の製造方法。 半導体発光素子の製造方法。

ドであることを特徴とする請求項102に記載の半導体 【請求項103】 前記高融点金属又は高融点金属化物 は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン シリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイ 発光素子の製造方法。

【請求項104】 基板上に第1の窒化物半導体層を形

前記第1の窒化物半導体層の上部に、基板面方向に互い 前記溝部の底面とその壁面の少なくとも1部とを覆うマ に間隔をおいて延びる複数の溝部を形成する工程と、

スク膜を形成する工程と

基板側から、第2の窒化物半導体層と、該第2の窒化物 前記第1の窒化物半導体層の上における前記各隣部同士 半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第3の窓化 **物半導体層からなる活性層と、該活性層よりもエネルギ** ーギャップが大きい第4の窒化物半導体層とを含むよう の間に前記マスク膜から露出する領域を種結晶として、 に積層体を成長する工程と、

前記積層体の上部に、前記溝部が延びる方向と同一で且 つ前記溝部同士の間の間隔と異なる間隔をおいて延びる 複数の凸部を形成する工程と、

た凸部に、前記活性層にキャリアを注入するキャリア注 入部を形成する工程とを備えていることを特徴とする半 前記複数の凸部のうち、前記溝部の上方で且つ前記溝部 司士の間の領域の近傍に位置する凸部を選択し、選択し 尊体発光素子の製造方法。

【請求項105】 前記複数の溝部を形成する工程は、

30

本層をストライプ状に覆うレジストマスクを形成し、形 成したレジストマスクを用いて前記第1の窒化物半導体 前記マスク膜を形成する工程は、前記レジストマスクを リフトオフする工程を含むことを特徴とする請求項10 前記第1の窒化物半導体層の上に、核第1の窒化物半導 層に対してエッチングを行なう工程を含み、

を特徴とする請求項104に記載の半導体発光素子の製 【請求項106】 前記マスク膜は誘電体からなること 4に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項107】 前記該電体は、窒化シリコン、酸化 酸化ニオブであることを特徴とする請求項106に記載 シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化 酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム又は

20 ン共鳴プラズマを用いて形成することを特徴とする請求 【請求項108】 前記マスク膜は、電子サイクロトロ の半導体発光素子の製造方法。

7、p型AIGaNからなるp型クラッド層308、及 びp型G a Nからなる p型コンタクト層309を有して

性層306、p型GaNからなるp型光ガイド層30

項106に記載の半導体発光素子の製造方法。

ノ共鳴スパッタ法を用いて形成することを特徴とする請 【請求項110】 前記マスク膜は高融点金属又は高融 【請求項109】 前記マスク膜は、電子サイクロトロ **求項106に記載の半導体発光素子の製造方法。**

気金属化物であることを特徴とする請求項104に記載

【請求項111】 前記高融点金属又は高融点金属化物 は、タングステン、モリブデン、ニオブ、タングステン ドであることを特徴とする請求項110に記載の半導体 シリサイド、モリブデンシリサイド又はニオブシリサイ の窒化物半導体素子の製造方法。

[発明の詳細な説明] [0001]

発光素子の製造方法。

の応用が期待される短波長半導体レーザ素子等に用いる 窒化物半導体の製造方法、並びに該窒化物半導体を用い 【発明の属する技術分野】本発明は光情報処理分野等~ た半導体素子、半導体発光素子及びその製造方法に関す

[0002]

視されている。なかでも、窒化ガリウム系化合物半導体 D)素子が実用化されるに至っている。また、光ディス ク装置の大容量化に伴って、発振波長が400m程度 半導体を用いた半導体レーザ素子が実用レベルに達しつ 【従来の技術】近年、V族元素に窒素 (N) を含む!!!-V族化合物からなる窒化物半導体は、そのエネルギーギ ヤップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望 (Alx Gay Inz N (0≤x, y, z≤1, x+y +2=1))は、その研究及び開発が盛んに行なわれて の半導体レーザ素子が熱望されており、窒化ガリウム系 おり、その結果、背色又は緑色発光ダイオード (LE つきる。

【0003】 (第1の従来例)以下、第1の従来例に係 る窒化ガリウム系半導体レーザ茶子について図面を参照 しながら説明する。 【0004】図37はレーザ発版が達成されている従来 は、サファイアからなる基板301の上に、例えば有機 窒化ガリウム (GaN) からなるパッファ層302、n ルミニウムガリウム (AIGaN) からなるn型クラッ 5、インジウムの組成が異なる窒化ガリウムインジウム <x<1)が積層されてなる多重量子井戸(MQW)活 の窒化ガリウム系半導体レーザ素子の断面構成を示して 型GBNからなるn型コンタクト層303、n型窒化ア (Ga1-x Inx N/Ga1-y Iny N (但L, 0<y 金属気相成長(MOVPE)法により順次形成された、 いる。図37に示すように、従来の半導体レーザ素子 ド層304、n型GaNからなるn型光ガイド層30

12

部の上には該開口部を通して p型コンタクト隔309と また、n型コンタクト層303の絶縁膜310からの露 出部分の上にはn型コンタクト層303とオーミック接 【0005】 p型クラッド帰308の上部及びp型コン タクト層309には、幅が3μm~10μm程度のリッ ジ部が形成されている。MQW活性層306を含む植隔 本は、n型コンタクト層303の一部を露出するように エッチングされており、エッチングされた積層体の上面 及び側面は絶縁膜310により覆われている。絶縁膜3 10におけるp型コンタクト層309の上側部分にはス トライプ状の関ロ部が設けられ、絶縁膜310のリッジ オーミック接触する p 回位極3 1 1 が形成されている。 触するn側電極312が設けられている。

【0006】このように形成された半導体レーザ素子に おけるn 伽電極312を接地し、p 伽電極311に所定 電圧を印加すると、MQW活性層306内で光学利得を 生じて、発板波長が400nm程度のレーザ発板を起こ 6を構成するGai-x Inx N及びGai-y Iny Nの 組成又は膜厚によって変化する。現在、室温以上での連 洗発版が実現されている。 【0008】また、リッジ部の幅又は高さを調節するこ とによって、水平方向(基板面に平行)の横モードにお ける基本モードのレー扩発版を可能としている。すなわ ち、基本横モードと1次以上の高次モードとの光の閉じ 込め係数値に差を設けることにより、基本横モードにお ける発版を可能としている。

Oa:Neodymium gallate) 等が用いられるが、いずれの c m-1の転位が存在して、半導体レーザ素子の信頼性の 【0009】 基板301には、サファイアの他に、 以化 材料も窒化ガリウムと格子整合を行なえず、コヒーレン トな成長を得ることが難しい。その結果、刃状転位、ら せん転位又は異種の転位が混合した混合転位が多く、例 えば基板にサファイアを用いた場合には、約1×10° ケイ装 (SiC) やネオジウムガレート (NdGa 低下を引き起こす。

強权的横方向成長 (epitaxial latera | overgrowth:ELOG) 法が提案されて [0010]そこで、転位密度を低減する方法として、 いる。これは格子不整合が大きい半導体結晶において、

【0011】 (第2の従来例) 図38はELOGによっ て形成された発化ガリウムからなる半導体層の結晶転位 **貫通転位を低減させる方法として有効である。** の分布を模式的に表わしている。 ると、まず、MOVPE法等により、サファイアからな る基板401上にGaNからなるシード(種) 局402

【0012】図38を用いてELOG法の概略を説明す

【0013】次に、化学的気性堆積 (CVD) 法算によ オトリソグラフィ法及びエッチング法とによって、堆積 した誘心体膜から、所定周期のストライプ状の間ロパタ り、酸化シリコン等からなる誘電体膜を堆積した後、 ーンを持つマスク膜403を形成する。

特開2002-9004

9

(HIVPE) 法により、マスク版403の上にシード樹 【0014】次に、MOVPE注又はハライド気相成長 402のマスク膜303から隣出した部分を極結晶とす る選択成長によってGaNからなる半導体隔404を成

度が1×101 cm-1程度の低極位密度領域404bを 【0015】このとき、半導体的404におけるマスク 膜403の周11部の上側の領域は、衛位密度が約1×1 の、マスク膜403上でラテラル成長した領域は転位密 0° cm-2程度の高極位密度領域404aとなるもの

[0016] 図39はこの低極位密度領域4046の上 方に活性領域、すなわち電流注入領域となるリッジ部を 39において、図37及び図38に示す構成部材と同一 形成した半導体レーザ素子の断面構成を示している。 の構成部材には同一の符号を付している。

20

[0017] このように、MQW活性層306における 低低位密度関域4046の上方に追流注入関域を設ける ことより、レーザ素子の信頼性の向上を図ることができ

[0018]

検討を行なった結果、前記の第1の従来例及び第2の従 来例に係る半導体レーザ素子には、以下に述べるような 【発明が解決しようとする課題】本願発明者らは、種々 様々な問題があることを見い出している。 【0019】第1に、第2の従来例に係るELOG法に よる落化物半導体の成長方法に対する問題点を説明す 【0020】 四40 (a) ~四40 (d) は半導体局4 04の皮皮時にマスク膜403上に流化ガリウムの多端 晶体405が作出して、半導体約404の結晶性が劣化 する様子を模式的に表わしている。

に、シード悩402におけるマスク酸403の各開ロ部 から森出する領域を種結晶として複数の半導体層404 をそれぞれ成長させる。このとき、マスク膜403は誘 **町体からなり、波誘電体上では結晶化されない複数の多 まず、シード層402の上面に隔口部を持つシスク膜4** [0021] 具体的には、図40 (a) に示すように、 03を形成しておき、次に、図40(b)に示すよう

[0022] 次仁、図40 (c) 及び図40 (d) に示 すように、多結晶体 405が折出した状態で、複数の半 尊体的404が一体化しその表面が平坦化されるまで成 長し続けると、多結晶体405の上には結晶性が悪い領 詩品体405が折出することがある。 域404cが形成される。

04の上方に電流注入領域を形成しても良好な特性を持 **のレーザ茶子を決して得ることはできないという知見を** 【0023】本願発明者らは、この結晶性が悪い領域4

【0024】第2に、第1及び第2の従来例に係る半薄 体レーザ素子では、活性層の基板面に対して垂直な方向 の光の閉じ込め係数値を大きくすることが困難であると いう問題点を見い出している。

ザ素子における、MQW活性層306における基板面に 対して垂直な方向の屈折率分布と、共振路端面での光強 皮分布との関係を示している。MQW活性層306に関 n型コンタクト層303に定在波が生成していることが 分かる。このように、MQW活性層306から基板30 1~の生成光の漏れが多いと、MQW活性層306~の 光の閉じ込め率が低下し、レーザ光の発板しきい値が大 【0025】図41は、第1の従来例に係る半導体レー ご込められた生成光の一部が基板301に漏れ出して、

森子の遠視野像を示している。ここで、横軸は出射光に 【0026】また、図42は第1の従来例に係るレーザ おける共振器端面の法線方向からの水平方向(基板面方 向)へのずれを表わし、縦軸は出射光の光強度を表わし ている。第1の従来例のように基板301個への生成光 の漏れが多いと、単峰性の遠視野像を得ることも困難と なる。これは、第2の従来例に係る半導体レーザ素子に おいても回様である。

る既に、サファイアからなる基板と窒化物半導体層との 結晶面が異なるために、共振器端面に平坦な面が得られ 【0021】第3に、第1の従来例に保る半導体レーザ 例えば、へき開により個々のレーザチップとして形成す -100) 面の、いわゆるM面のへき開が容易であるた に、基板301を構成するサファイアは、面方位が(1 **霖子は、ウエハ状態で形成された複数のレーザ茶子を、** ないという問題がある。すなわち、図43に示すよう め、通常はサファイアのM面をへき関面としている。

仮301をへき開するとバッファ層302及びその上の 1-20) 面、いわゆるA面が一致する。このため、基 【0028】ところが、窒化物半導体、例えば、窒化ガ リウムのM面はサファイアのM面と面内で30度だけず れているため、サファイアのM面と釜化ガリウムの (1 債層体には、基板301とへき開面が30度だけずれた へき関面が、段差が数百ヵmの凹凸面となって現われ

40

まりが低下する。なお、共振器の形成に、へき開法では **類性の低下をもたらす。さらに、共版器端面の凹部及び** 凸部は無秩序に発生するため、所定の反射率を有する共 め、半導体レー扩素子の動作電流が増大し、ひいては信 版器端面を再現性良く形成することが困難となり、歩留 【0029】 共版器端面がこのような回凸面となると、 共版器端面によるレーザ光のミラー損失が増大するた

なくドライエッチング法を用いても同様の問題が生じ る。なお、本願明細書においては、面方位の負符号" -" は該負符号に続く一指数の反転を表わす。 【0030】一方、第2の従来例に係る半導体レーザ素 子の場合は、選択成長用のマスク膜403のストライプ 状の開口部は、半導体層404のM軸に平行となるよう 形成される。これはA軸方向へのラテラル成長の速度が 他の方向と比べて極めて遠く、短時間で効率良く選択成 0.4 bはM軸に平行となるので、低転位密度領域の上に る。その結果、基板401のA面でへき開する必要があ る。前述したように、サファイアはM面におけるへき開 は容易であるが、A面はそれ程容易ではないため、半導 体レーザ素子の歩留まりが大幅に低下するという問題が 長を行なえるからである。このため、低転位密度領域4 形成するレーザ素子の共版器端面は必然的にM面とな

【0031】第4に、ELOG法は、シード層402の C軸と、その上に選択成長する半導体層404のC軸と のなす角度 (チルト) が0.1度~1度程度に存在する ことが知られている。

り、低転位密度領域404トのみからなる結晶上に端面 【0032】一方、ELOG法によって得られた低極位 04aを別の選択成長用マスク膜により被覆して再度E LOG成長を行なうと、低転位密度領域404bのみか らなる窒化物半導体結晶を得ることができる。これによ がA面の共振器を形成することが可能となり、へき開に 密度領域404bを再度種結晶とし、高転位密度領域4 よる歩留まりを大幅に向上できる。

向にジグザグ形状となる。このジグザグ形状の導液路に より、導波損失が生じてレーザ素子の動作電流が増加す してそれぞれ垂直な方向に設けられる垂直共振器型の面 【0033】しかしながら、A軸方向に共扱器を形成す 前述したC軸のチルトが存在するため、導波路がC軸方 るという問題がある。また、複数の共振器が基板面に対 発光レーザ楽子アレイを形成するような場合には、アレ イ状の共振器からの各レーザ光の出射方向が一致しなく ると、シード層402とその上の選択成長層との間に なるという問題がある。

m程度と極めて小さく、この低転位密度領域404bか フォトリソグラフィエ程における位置合わせに高い精度 が要求されるため、フォトリソグラフィ工程のスループ ットの低下や歩留まりの低下等が生じて、生産効率を向 【0034】第5に、前記第2の従来例に係る半導体レ 一ザ素子は、低転位密度領域404b同士の幅が約5μ 5外れないように、約3 mmの幅を持つリッジ部のフォ トマスクの位置合わせを行なう必要がある。その結果、 上できないという問題がある。

[0035] 本発明は、前記の種々の問題に鑑みてなさ れ、ELOG法による結晶性の向上を図ること第1の目 的とし、共板器への光の閉じ込め係数値を大きくできる

共振器端面を形成できるようにすることを第3の目的と とを第4の目的とし、リッジ部形成用のマスクの位置合 ようにすることを第2の目的とし、ミラー損失が少ない し、導波損失が少ない共版器を形成できるようにするこ る。これにより、本発明は、特に光ディスク装置用レー わせを容易に行なえるようすることを第5の目的とす ザ素子への応用に優れた効果を奏する。

z ≦ 1、x + y + z = 1である。)からなる第2の窒化 物半導体の製造方法は、前記第1の目的を達成し、基板 【課題を解決するための手段】本発明に係る第1の窒化 上に、A lu Gav I n n N (但し、u, v, wは、0 ≦u, v, w≤1, u+v+w=1である。) からなる 第1の窓化物半導体層を形成する工程と、第1の窓化物 半導体層の上部に、基板面方向に互いに開隔をおいて延 びる複数の凸部を形成する工程と、互いに隣接する凸部 同士に挟まれてなる凹部の底面を覆うマスク膜を形成す る工程と、第1の窓化物半導体層の上に、マスク膜から 森出する各点部の頂面であるこ面を種結晶として、AI x Gay Inz N (但し、x, y, zは、0≦x, y, 物半導体局を成長する工程とを備えている。

と平行な方向に成長(ラテラル成長)する際に、多結晶 め、第2の窒化物半導体層は第1の窒化物半導体層の凸 面上に設けているため、第2の窒化物半導体層が基板面 本の上方を成長するので、多結晶体によりその成長が妨 げられなくなり、第2の窓化物半導体層の結晶性が良好 第1の強化物半導体層の上面に複数の凸部を形成し、形 成した凸部同士に挟まれた底面をマスク膜により覆うた その結果、マスク膜の上に第2の窒化物半導体層の多結 晶体が析出したとしても、マスク膜を凸部同士の間の底 部の頂面に現われたC面のみを種結晶として成長する。 【0037】第1の窒化物半導体の製造方法によると、

を形成する工程と、互いに隣接する凸部同士に挟まれて 1、u+v+w=1である。)からなる第1の窯化物率 尊体層を形成する工程と、第1の窒化物半導体層の上部 に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数の凸部 なる凹部の底面とその壁面の少なくとも一部とを綴うマ に、各凸部におけるマスク膜から露出する領域を種結晶 【0038】本発明に係る第2の窒化物半導体の製造方 0≤x, y, z≦1、x+y+z=1である。) からな 法は、前記第1の目的を達成し、基板上に、Alu Ga , In. N (但し、u, v, wは、0≦u, v, w≦ スク膜を形成する工程と、第1の窒化物半導体層の上 として、Alx Gay Inz N (但し、x, y, zは **る第2の選化物半導体層を成長する工程とを備えてい**

際に、マスク膜の上に第2の窒化物半導体層の多結晶体 第2の窒化物半導体層が基板面と平行な方向に成長する 【0039】第2の窒化物半導体の製造方法によると、

物半導体層は多結晶体の上方を成長するので、多結晶体 が折出したとしても、マスク膜を凸部同士の間の底面及 **び製画の少なくとも一部に設けているため、第2の流化** によりその成長が妨げられなくなり、第2の窯化物半導 体層の結晶性が良好となる。

特開2002-9004

(12)

【0040】本発明に係る第1の窓化物半導体茶子の製 の上部に、基板面方向に互いに開脳をおいて延びる複数 の溝部を形成する工程と、溝部の底面を覆うマスク膜を 各溝部同士の間にマスク戦から採出するC面を種結晶と して、基板側から、第2の電化物半導体層と、波第2の 強化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第3 の蜜化物半導体層からなる活性層と、談話性層よりもエ ネルギーギャップが大きい第4の変化物半導体層とを含 むように積層体を成長する工程と、積層体の上に、活性 造方法は、前記第1の目的を達成し、基板上に第1の第 化物半導体層を形成する工程と、第1の窒化物半導体層 形成する工程と、第1の変化物半導体層の上面における 層にキャリアを選択的に注入する電流状等部を形成する T程とを備えている。 9

【0041】第1の発化物半導体表子の製造方法による と、活性層を含む積層体は本発明の第1の選化物半導体 の製造方法により形成されるため、活性層及びそれを上 ド方向から挟む発化物半導体層のそれぞれの結晶性が優 れる。このため、半導体素子としての信頼性を著しく向 上することができる。

[0042] 本発明に係る第2の発化物半導体表子の製 造方法は、前記第1の目的を達成し、基板上に第1の案 化物半導体的を形成する「侃と、第1の発化物半導体層 の上部に、基板面方向に互いに関隔をおいて延びる複数 の溝部を形成する工程と、溝部の底面とその壁面の少な くとも一部とを覆うマスク膜を形成する工程と、第1の 発化物半導体層の上における各隣部同士の間にマスク膜 から露出する領域を積結晶として、基故側から、第2の 窓化物半導体階と、該第2の窓化物半導体層よりもエネ ルギーギャップが小さい第3の強化物半導体層からなる 話性層と、該活性層よりもエネルギーギャップが大きい 第4の発化物半導体層とを含むように積層体を成長する 工程と、積層体の上に、活性層にキャリアを遊収的に注 入する電流狭窄部を形成する工程とを備えている。

【0043】第2の窒化物半導体素子の製造方法による と、活性局を含む積層体は本発明の第2の窒化物半導体 の製造方法により形成されるため、活性層及びそれを上 下方向から挟む窒化物半導体層のそれぞれの結晶性が優 れる。このため、半導体素子としての信頼性を著しく向 上することができる。

【0044】本発明に係る第3の窒化物半導体の製造方 生は、前記第1の目的を達成し、基板の上部に、基板面 方向に互いに並行して延びる複数の凸部を形成する工程 と、基板の上の各凸部の頂面に、Alr Gay Inz N (凡し、x, y, zは, 0≦x, y, z≦1、x+y+

20

z=1である。)からなる窒化物半導体層を選択的に成長する工程とを備えている。

[0045] 第3の窒化物半導体の製造方法によると、 本発明の第1の窒化物半導体の製造方法と同様の効果を 得られる上に、基板自体にストライプ状の凸部を設ける ため、種結晶用の半導体層が不要となる。また、基板に なり設ける必要がなくなり、半導体の製造プロセスを大 幅に簡略化できる。

込め係数値が確実に大きくなる。

【0047】第3の窒化物半導体素子の製造方法による と、活性層を含む積層体は水発明の第3の窒化物半導体 の製造方法により形成されるため、活性圏及びそれを上 下方向から挟む窒化物半導体層のそれぞれの結晶性が優 れると共に、製造プロセスを大幅に簡略化できるので、 生産性を向上することができる。 [0048]本発明に係る第1の変化物半導体素子は、前記第2の目的を達成し、基板上に順次形成され、第1の変化物半導体層よが1の変化物半導体層からなる活性吸及び核活性層よりも光の風折率が小さい第3の変化物半導体層と含む積層体と、積層体の上に形成され、活性層にキャリアを進択的に注入する電流接等部とを備え、活性層における電流接程部の下方で且つ活性値と基板との間の倒域に空隙部が形成されている。

[0049] 第1の窒化物半導体素子によると、活性層における電流狭窄部の下方であって活性層と基板との間の領域に、光の屈が率が半導体よりも小さい空隙部を設けているため、活性層で生成された生成光が基核側に循れにくくなるので、活性層への生成光の閉じ込め係数質を大きくできる。

6

[0050]本発明に係る第2の窒化物半導体素子は、 前記第2の目的を達成し、基板上に形成され、上部に互 いに開稿をおいて基板面方向に延びる複数の凸部を有す 各第1の窒化物半導体層と、第1の窒化物半導体層の上 に、下面が各凸部の頂面と接するように形成された第2 の窒化物半導体層と、第2の窒化物半導体層の上に形成 され、第3の窒化物半導体層、該第3の窒化物半導体層 よりも光の區折率が大きい第4の窒化物半導体層 よりも光の區折率が大きい第5の る活性層及び核活性層よりも光の屈折率が小さい第5の

窒化物半導体層とを含む積層体とを備え、第2の窒化物半導体圏は、第3の窒化物半導体圏は、第3の窒化物半導体圏の光の屈折率よりも小さい又は同等の屈折率を持つ。

[0051]第2の強化物半導体素子によると、第2の窒化物半導体層は、上部にストライブ状の凸部を有する第1の選化物半導体層の凸部の頂面を積結晶として成長しているため、第2の窒化物半導体層の下間で且つ第1の窒化物半導体層の立能同士の間の複域には空際部が形成されることになる。さらに、第2の窒化物半導体層は、第3の窒化物半導体層の光の超が率とりも小さいか又は同等の配が率を持つため、積層体における空隙部の上方に電流狭窄部を設けると、活性層における光の閉じ

【0052】本発明に係る第4の窒化物半導体表子の製 の上部に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数 して、基板側から、第2の窒化物半導体層と、第3の窒 化物半導体層と、該第3の窒化物半導体層よりも光の屈 該活性層よりも光の屈折率が小さい第5の窒化物半導体 に、活性層にキャリアを選択的に注入する電流狭窄部を 形成する工程とを備え、積層体を成長する工程は、第2 造方法は、前記第2の目的を達成し、基板上に第1の窒 化物半導体層を形成する工程と、第1の窒化物半導体層 の溝部を形成する工程と、溝部の底面を覆うマスク膜を 形成する工程と、第1の窒化物半導体層の上面における 各隣部同士の間にマスク膜から露出するC面を種結晶と **届とを含むように積層体を成長する工程と、積層体の上** の窒化物半導体層を、その光の屈折率が筑3の窒化物半 導体層の光の屈折率よりも小さいか又は同等となるよう 折率が大きい第4の窒化物半導体層からなる活性層と、

に成長する工程を含む。 【0053】第4の窒化物半導体素子の製造方法による と、本発明の第2の窒化物半導体素子を確実に形成でき 【0054】本発明に係る第5の窒化物半導体素子の製 造方法は、前記第2の目的を達成し、基板上に第1の窒 の上部に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数 の溝部を形成する工程と、溝部の底面とその壁面の少な くとも一部とを覆うマスク膜を形成する工程と、第1の 窒化物半導体層の上における各溝部同士の間にマスク膜 から露出する領域を種結晶として、基板側から、第2の 窒化物半導体層と、第3の窒化物半導体層と、該第3の 窒化物半導体層よりも光の屈折率が大きい第4の窒化物 半導体層からなる活性層と、該活性層よりも光の屈折率 が小さい第5の窒化物半導体層とを含むように積層体を 成長する工程と、積層体の上に、活性層にキャリアを選 択的に注入する電流狭窄部を形成する工程とを備え、積 層体を成長する工程は、第2の窒化物半導体層を、その 光の屈折率が第3の窒化物半導体層の光の屈折率よりも 化物半導体層を形成する工程と、第1の窒化物半導体層 小さいか又は同等となるように成長する工程を含む。

25 5】第50寮化物業道保設主の観測

[0055]第5の窓化物半導体素子の製造方法によると、本発明の第2の窓化物半導体素子を確実に形成できる。

を形成する工程と、互いに隣接する凸部同士に挟まれて の窒化物半導体層の上に、マスク膜から露出する各凸部 導体的を形成する工程と、第1の変化物半導体層の上部 に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数の凸部 +z=1である。)からなる複数の第2の窒化物半導体 層を成長する工程とを備え、複数の第2の窒化物半導体 層を形成する工程は、各第2の窒化物半導体層を、各第 2の変化物半導体層が複数の凸部のうちの所定数の凸部 を跨ぐごとに該凸部が延びる方向と平行な側端面が韓田 【0056】本発明に係る第4の強化物半導体の製造方 1、n+v+w=1である。)からなる第1の窓化物率 なる四部の底面を覆うマスク膜を形成する工程と、第1 N (但し、x, y, zは、0≦x, y, z≦1、x+y 法は、前記第3の目的を達成し、基板上に、Alu Ga の頂面であるC面を種結晶として、Alx Gay Inz v [n*N (個L、u, v, wは、0≦u, v, w≦ するように形成する工程を含む。

[0057]第4の強化物半導体の製造方法によると、第2の強化物半導体層のそれぞれを、第1の強化物半導体層の上部に設けられた複数の凸部のうちの所成数の凸部の終めらいが成数の円部を除くごとに該凸部が延びる方向と平行な電線面が終出するように形成するため、減電過雨を共級器端面とすれば、緩末被器路面がへき屈面やエッチング面に影響されなくなるので、共級認端面の、テー抗大を低減できれなくなるので、共級認端面の、テー抗大を低減でき

導体層を形成する工程と、第1の選化物半導体層の上部 1、u+v+w=1である。) からなる第1の窒化物半 なる凹部の底面とその壁面の少なくとも一部とを覆うマ 0≦x, y, z≦1, x+y+z=1である。) からな 第2の窒化物半導体層を、各第2の変化物半導体隔が散 【0058】本発明に係る第5の窓化物半導体の製造力 に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数の凸部 を形成する工程と、互いに隣接する凸部同士に挟まれて に、各凸部におけるマスク膜から露出する領域を種結晶 数の凸部のうちの所定数の凸部を跨ぐごとに該凸部が延 げる方向と平行な側端面が韓出するように形成する工程 として、Alx Gay Inz N (但し、x, y, zは、 v In w N (@L, u, v, wは, 0≦u, v, w≦ る複数の第2の窒化物半導体層を成長する工程とを備 スク膜を形成する工程と、第1の窒化物半導体層の上 え、複数の第2の窒化物半導体層を形成する工程は、

40

[0059]第5の窒化物半導体の製造方法によると、第2の窒化物半導体層のそれぞれを、第1の窒化物半導体層の上部に設けられた複数の凸部のうちの所定数の凸部を跨ぐごとに茲凸部が延迟の方力のと平行な回端部が露

26 田するように形成するため、城島諸田や兵被諸語にすれば、城北被諸諸田が今年四世やコッチング祖に務略されて、北京なおは、大大大道に務略されなくなるので、元衆昭諸市の、テー西米を高減でき

特別2002-9004

2

【0060】本発則に係る第6の突化物半導体表子の製 造方法は、前記第3の目的を達成し、基板上に第1の窓 化物半導体層を形成する工程と、第1の発化物半導体層 の上部に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数 の溝部を形成する工程と、溝部の底面を覆うマスク膜を 形成する工程と、第1の発化物半導体層の上面における 各群部同士の間にマスク膜から露出するC面を孤結晶と して、基板側から、それぞれが、第2の発化物半導体層 と、該第2の塩化物半導体隔よりもエネルギーギャップ が小さい第3の発化物半導体層からなる活性層と、該消 性格よりもエネルギーギャップが大きい第4の変化物ド 各権層体の上に、活性層にキャリアを選択的に注入する 電流狭窄部をそれぞれ形成する工程とを備え、複数の積 層体を成長する工程は、各積層体を、該積層体が第1の 築化物半導体局のC面を所定数だけ略ぐごとに記憶狭窄 部からなる共凝器端部が露出するように形成する工程を 導体局とを含むように複数の積層体を成長する工程と、

【0061】第6の流化物半導体素子の製造力量によると、それぞれ活性が全合むを供給作は、本意則の第4の第4の第4の第4の特殊の製造方法により形成されるため、共複器端面がくき展面がスッチング面に影響されなくなるので、共成器譜面のミラー包状を収載できる。

30

[0062] 本発明に係る第7の発化物半導体素子の製 造力出は、前記第3の目的を達成し、基板上に第1の案 化物半導体層を形成する工程と、第1の窓化物半導体層 の上部に、基板面方向に互いに開脳をおいて延びる複数 の溝部を形成する工程と、溝部の底面とその壁面の少な くとも - 部とを殺うマスク膜を形成する工程と、第1の 窒化物半導体層の上における各群部同士の間にマスク膜 から露出する領域を積結晶として、基板側から、それぞ れが、第2の発化物半導体隔と、該第2の発化物半導体 層よりもエネルギーギャップが小さい第3の窓化物半導 体層からなる活性層と、波活性層よりもエネルギーギャ ップが大きい第4の窒化物半導体層とを含むように複数 の積層体を成長する工程と、各積層体の上に、活性層に キャリアを選択的に注入する電流狭窄部をそれぞれ形成 する工程とを備え、複数の債層体を成長する工程は、各 **積層体を、該積層体が第1の変化物半導体層の隣接する 講部同士の間の領域を所定数だけ時ぐごとに電流狭窄部** からなる共板器端面が端出するように形成する工程を含 [0063] 第7の発化物半導体素子の製造力性によると、それぞれ活作物を合む作品が解析は、本作期の第5の第分物・導体の製造力法により形成されるため、共成認識価がくき開ぶやエッチング画に影響されなくなるの

20

で、共版路端面のミラー損失を低減できる。 「0064] 本発明に係る第3の窒化物半導体素子は、 前割第3及び第4の目的を達成し、基板上に形成され、 上部に至いに間隔をおいて基板面方向に延びる複数の凸 前を有する第1の窒化物半導体層と、第1の変化物半導 体限の上で出る合部同土の側面の間に空隙部を持つよ うに形成された第2の窓化物半導体層と、第2の窓化物半導体層の上に形成され、キャリアが狭窄されて注入されるストラストライプ状の共振器を含む第3の窓化物半導体層 れるストライプ状の共振器を含む第2の空化物半導体層 たるインズの共振器を含む第3の凸部が延び多方 向とほぼ直交するように設けられている。

【0065】第3の窒化物半導体素子によると、全成光の共振方向が凸部が延びる方向とほぼ直交するように共振器を設けているため、例えば、凸部が延びる方向をM輪方向とし、共振器の共振方向をA輪方向とすると共振器等面はA面となる。従って、基板にサファイアを用いた場合には、基板のつき開面がM面となり、つき開が容易となって、へき開時の発展でありが一下する。また、この場合の共振器は、種柱晶となる複数の凸部と交換するが、第1の窒化物半導体層とが回調に空隙部を持っため、第1の窒化物半導体層と対るので、導送損失も低減する。

20

[0066]本発明に係る第4の窒化物半導体素子は、基板上に形成され、上部に互いに関係されて基板面方向に延び各複数の凸部を有する第1の窒化物半導体層の口間に空隙部を持つように形成されて第2の窒化物半導体層の上に狙つ合凸部同土の側面の間に空隙部を持つように形成され、活性図を含む第3の窒化物半導体層の上に形成され、活性図を含む第3の窒化物半導体層とを備え、第1の窒化物半導体層のに極いが高い。第1の窒化物半導体層のに極いが高い。第1の窒化物半導体層のに極いがあり。第1の窒化物半導体層のに極いが高い。第1の窒化物半導体層のに極いが高い。第1の窒化物半導体図のに極いがます。

して、第2の窒化物半導体層を成長する工程と、第2の 窒化物半導体層が空隙部を形成しながら成長するラテラ ル成長により成長した際に、チルト角が0.05度以下 であるため、活性層を含む第3の半導体層に導波路を設 ける場合であっても、核導波路が基板面に対して垂直な 【0068】本発明に係る第8の窒化物半導体素子の製 造方法は、前記第第3及び4の目的を達成し、基板上に 第1の窒化物半導体隔を形成する工程と、第1の窒化物 の方向に延びる複数の第1の溝部を形成する工程と、第 と、第1の窒化物半導体層の上面における各第1の溝部 同士の間に第1のマスク膜から韓出するC面を種結晶と 【0067】第4の窒化物半導体素子によると、第2の 半導体層の上部に、互いに間隔をおいて基板面方向の-で、導波路における導波損失を低減することができる。 方向にうねるジグザグ形状となることが防止されるの 1の溝部の底面を覆う第1のマスク膜を形成する工程

に延び且つ互いに降後する講師同士の間の関域の位置が 第1の講師同士の間の関域の位置と基板面力向に異なる 複数の第2の講部を形成する工程と、第2の講師の底面 を覆う第2のマスク原を形成する工程と、第2の選化物 半導体層の上面における各第2の講師同士の間に第2のマスク膜から韓出するC面を積結晶として、活性層を含む第3の強化物半導体層を予成する工程と、第3の選化物半導体層を形成する工程と、第3の選化物半導体層を形成する工程と、第3の選化物半導体層の上に、生成光の共振方向が一の方向とほぼ直交するように電流狭窄部を形成する工程とを備えてい の方向に延びる複数の第1の溝部を形成する工程と、第 部同士の間の領域の位置が第1の溝部同士の間の領域の 位置と 基板面方向に異なる複数の第2の溝部を形成する 工程と、第2の溝部の底面とその壁面の少なくとも一部 物半導体層の上における各第2の溝部同士の間に第2の マスク膜から露出する領域を種結晶として、活性層を含 む第3の窒化物半導体層を形成する工程と、第3の窒化 物半導体層の上に、生成光の共級方向が一の方向とほぼ 直交するように電流狭窄部を形成する工程とを備えてい 【0070】本発明に係る第9の窒化物半導体素子の製 第1の窒化物半導体層を形成する工程と、第1の窒化物 1の溝部の底面とその壁面の少なくとも一部とを覆う第 1のマスク膜を形成する工程と、第1の窒化物半導体層 の上における各第1の溝部同士の間に第1のマスク戦か ら露出する領域を種結晶として、第2の窒化物半導体層 を成長する工程と、第2の窒化物半導体層の上部に、互 いに間隔をおいて一の方向に延び且つ互いに緊接する漭 とを發う第2のマスク膜を形成する工程と、第2の窒化 造方法は、前記第第3及び4の目的を達成し、基板上に 半導体層の上部に、互いに間隔をおいて基板面方向の-

【0071】第9の窒化物半導体素子の製造方法によると、本発明の第3の窒化物半導体素子を確実に得ること

[0072]本発明に係る半導体発光素子は、前記第5の目的を達成し、基板上に形成され、上部に間隔をおいて基板面方向に延びる複数の第1の凸部を有する第1の半導体層と、第1の半導体層の上に第1の凸部と接するように形成され、上部に第1の凸部が延びる方向と同一で且つ第1の凸部百士の間隔と異なる間隔をおいて延びる複数の第2の凸部を有し、活性層を含む積層体からなる第2の半導体層とを備え、複数の第2の凸部のうちの1つの頂面から、活性層に対してキャリアが注入され

[0073]一般に、ELOG近により得られる第2の半導体層は、第1の凸部の上側の環境に打通転位が多く存在するため、その領域を避けて電流注入領域を設ける

特開2002-9004

9

必要がある。本発明の半導体発光素子によると、第1の 凸部の形成周期と第2の凸部の形成周期との間に差が設 けられているため、基板上には、これらのいずれの形成 周期よりも大きい周期で第1の凸部と第2の凸部とが一 数する領域が現われる。この大きい周期を用いれば、位 盤合わせ用の目印を容易に且つ確実に付けることができ るので、製造プロセスの歩蹈まり及びスループットが向 [0074]本発明に係る第1の半導体程光素子の製造 力法は、前記第5の目的を達成し、基板上に、第10半 10 導体層を形成し、形成した第10半導体層の上部に、基 核面方向に開係をおいて延びる複数の第1の凸部を形成 する工程と、第10半導体層の上に、その下面が第1の 凸部と核すると共に、活性層を含む積層体からなる第2 の半導体層を形成し、形成した第2の半導体層の上部に 第10凸部が延びる方向と同一で且つ第1の凸部同上と 算な合開係をおいて延びる複数の第2の中端体層の上部に 第10凸部が延びる方向と同一で且つ第1の凸部同土と 建なる開係をおいて延びる複数の第2の中端を形成する 工程と、複数の第2の凸部のうち、活性層にキャリアを 往入する凸部を選別するためのマスクの位置合わせ用の 目的を基板に形成する工程と、目印によりマスクの位置 合わせを行なった後、マスクを用いて複数の第2の凸部 のうちの1つをキャリア社入部とする工程とを編えてい

方法は、前記第5の目的を達成し、基板上に第1の窒化 溝部を形成する工程と、溝部の底面を扱うマスク膜を形 成する工程と、第1の窒化物半導体層の上面における各 化物半導体層よりもエネルギーギャップが小さい第3の ルギーギャップが大きい第4の窒化物半導体層とを含む 間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、複数 の凸部のうち、溝部の上方で且つ溝部同士の間の領域の 近傍に位置する凸部を選択して、活性層にキャリアを注 【0076】本発明に係る第2の半導体発光素子の製造 物半導体履を形成する工程と、第1の窒化物半導体層の 上部に、基板面方向に互いに間隔をおいて延びる複数の 講部同士の間にマスク膜から戯出するC面を桶結晶とし て、基板側から、第2の窒化物半導体層と、波第2の窓 **窒化物半導体層からなる活性層と、該活性層よりもエネ** ように積層体を成長する工程と、積層体の上部に、溝部 が延びる方向と同一で且つ溝部同士の間の間隔と異なる 入するキャリア注入部を形成する工程とを備えている。 と、本発明の半導体発光素子を確実に得ることできる。 【0077】第2の半導体発光素子の製造方法による 【0075】第1の半導体発光菜子の製造方法による

と、本発明の半導体発光素子を確実に得ることできる。 [0078] 本発明に係る第3の半導体発光素子の製造方法は、前記第5の目的を達成し、基板上に第1の強化物半導体弱を形成する工程と、第1の窓化物半導体弱の上部に、基板面方向に互いに開溺をおいて延びる複数の溝端を形成する工程と、溝部の底面とその壁面の少なくとも1部とを複うマスク膜を形成する工程と、第1の窓

化物半導体層の上における各端部両上の間にマスク膜から韓出する領域を補結品として、基板圏から、第2の強化物半導体局かりもエネルギーギャップが小さい第3の強化物半導体局からなる話性層と、該話性がよりもエネルギーギャップが大きい第4の強化物半導体局からなる話性層と、域路体の上部に、清部が延びる方向と同一で旧つ講館両上の間の間隔と現なる間隔をおいて延びる複数の凸部を形成する工程と、複数の凸部のうち、清部の上方で出っ溝部両土の間の領域の近傍に位置する凸部を造扱し造択した凸部に、活性層にキャリアを注入するキャリし強択した凸部に、活性層にキャリアを注入するキャリ

ア注入部を形成する工程とを備えている。 【0079】第3の半導体発光素子の製造方法によると、本発明の半導体発光表子を確実に得ることできる。 【0080】 【発明の実施の形態】 (第1の実施形態) 本発明の第1 の実施形態について図面を参照しながの説明する。 【 0 0 8 1】図 1 は本巻明の第 1 の実態形態に係る窒化ガリウム系半導体レーザ森子の断高階成を示している。 【 0 0 8 2】図 1 に示すように、サファイア (結晶性 ∧ 12 0 3) からなる 4 版 1 1 には、強化ガリウム (G a N) からなる低温ペッファ榜 (図示せず)を介して、ELOG用の G a Nからなるシード路 1 2 が形成されてい 【0083】シードが12の上部には、基板面が向けれてに開発をおいて通びるストライブ状の内部12aが形成され、内部12a向上に挟まれてなるを四路(構造)12bの底面及び関値上には整化シリコン(SiN:)

からなるマスク版13がそれぞれが成されている。 [0084]シード約12の上には、各当第12mと後するようにGaNからなる選択成長約14がその下面と 諸第12bの底面との間に空隙第12。が設けられるように形成されている。

[0085] ここで、シードが12及び造的成長が14の11 版元素には、ガリウムに限らず、アルミニウムメはインジウムを含んでいてもよい。 4なわち、シード附12及び選択成長附14は、A1。Ga、In・N(用し、u、v、wは、0≦u、v、w≤1、u+v+w=1である。)を調たせばよい。

40 【0086】途积成長阿14上には、レーサ素子を構成するダブルヘテロ接合を含む複数の強化物半導体弱からなるも数数の強化物半導体弱からなるものが形成されている。

20

窒化物半導体層の上部に、互いに間隔をおいて一の方向

8

るp型クラッド層20、及びp型GaNからなるp型コ ンタクト層21を有している。 【0088】知られているように、ダブルヘテロ接合型 のレーザ構造は、MQW活性層18におけるインジウム を含む井戸層のエネルギーギャップが、アルミニウムを ャップよりも小さい。一方、光の屈折率は、MQW活性 含むn型及びp型クラッド層16、20のエネルギーギ 層18の井戸層が最も大きく、以下、光ガイド層17、 19、クラッド層16、20の順に小さくなる。

【0089】 p型クラッド層20の上部及びp型コンタ クト層21は、幅が3μm~5μm程度の電流注入領域 されており、エッチングされた積層体30の上面及び側 面は酸化シリコンからなる絶縁膜22により覆われてい [0090] MQW活性層18を含む積層体30は、n 型コンタクト層 15の一部を露出するようにエッチング で、電流狭窄部となるリッジ部31が形成されている。

膜22上のリッジ部31の上側及び側方の領域には、開 [0091] 絶縁膜22におけるp型コンタクト層21 の上側には凸部12aと平行な開口部が設けられ、絶縁 口部を通してp型コンタクト層21とオーミック接触す るニッケル (Ni) と金 (Au) との積層体からなるp 倒電極23が形成されている。 【0092】n型コンタクト層15の絶縁膜22からの **露出部分の上にはn型コンタクト層15とオーミック接** 触するチタン(Ti)とアルミニウム(A1)との積層 【0093】 ここで、リッジ部31は登隊部12cの上 方に位置する、結晶転位が少ない低転位密度領域に形成 体からなるn側電極24が形成されている。

【0094】以下、前記のように構成された半導体レー ザ素子の製造方法について図面を参照しながら説明す 【0095】図2 (a)、図2 (b) ~図4は本発明の 第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の工 程順の断面構成を示している。

る基板11上に、III 族源のトリメチルガリウム (TM MOVPE法を用いて、基板温度を約500℃~530 ℃に設定した後、C面 (= (0001)面)を主面とす る。続いて、基板温度を約1020℃~1030℃にま で昇温した後、TMGとNH3 とを基板11上に供給す G)と、窒素源のアンモニア(NH1)とを供給して、 【0096】まず、図2 (a) に示すように、例えば、 GaNからなる低温パッファ層(図示せず)を堆積す ることにより、GaNからなるシード層12を成長す

【0091】次に、図2(b)に示すように、シード層 12の上面にレジスト膜を塗布した後、塗布したレジス ト膜をフォトリングラフィ法によりストライプ状にパタ ーニングを行なって、レジストパターン40を形成す

る。続いて、レジストパターン40をマスクとして、シ 一ド層 1 2 に対してドライエッチングを行なうことによ り、シード層12の上部に、断面幅が約3μmの凸部1 2 a と断面幅が約12μmの溝部 (リセス部) 12 b と を1周期とする周期構造体を形成する。

ターン40上に、窒化シリコンからなるマスク膜13を を用い、反応性ガスには窒素を用い、プラズマガスには アルゴンを用いている。このように、マスク膜13の堆 クロトロン共鳴 (ECR) スパッタ法を用いて、シード 層12における溝部125の底面及び壁面とレジストパ 堆積する。ここで、シリコンの原料には、固体シリコン 積にECRスパッタ法を用いることにより、低温で良質 【0098】次に、図3 (a) に示すように、値子サイ のマスク膜13を得ることができる。

[0099] 次に、図3(b)に示すように、レジスタ パターン40に対してリフトオフを行なって、レジスト パターン40及び茲レジストパターン40上のマスク膜 13を除去する。なお、マスク膜13は、溝部12bの 壁面の全面を覆っていてもよく、壁面の一部を覆ってい [0100] 次に、図4に示すように、再度MOVPE 成長すると共に、基板面に平行な方向にも成長(ラテラ ル成長) して、各溝部125の両側から成長してきた結 晶体同士の互いに対向する側面が溝部126のほぼ中央 部で接合して接合部14aを形成する。これにより、複 れ、且つ、その上面はC面となる。続いて、一体化され た選択成長層14の上に、n型コンタクト層15、n型 8、p型光ガイド層19、p型クラッド隔20及びp型 法を用いて、シード隔12の上に、マスク膜13から路 て、GaNからなる選択成長隔14を成長する。このと き、選択成長層14は、各凸部128の頂面から上方に 数の凸部12aの頂面から成長する各結晶体は一体化さ クラッド暦16、n型光ガイド函17、MQW活性廢1 出する凸部12aの頂面に現われるC面を種結晶とし コンタクト層21を順次成長して積層体30を形成す 【0101】その後、図1に示すように、p型クラッド 隔20の上部及びp型コンタクト層21に対して、MW を、空隙部12cの上方で且つ接合部14aと重ならな Q活性層18に選択的に電流を注入するリッジ部31 い領域からなる低転位密度領域に形成する。

模22の関ロ部からの韓出領域及びその側方上に p 側電 極23を形成し、n型コンタクト層15における絶縁膜 n型コンタクト層15を露出した後、積層体30の露出 面に絶縁膜22を堆積する。その後、絶縁膜22におけ る、リッジ部31の上側部分及びn型コンタクト陸15 の上側部分にそれぞれ関ロ部を選択的に設けた後、蒸着 法又はスパッタ法等により、リッジ部31における絶縁 [0102] 続いて、積層体30におけるリッジ部31 を含まない領域に対してドライエッチングを行なって、

2 2の開口部からの韓出領域上にn 鳳鶴橋 2 4 を形成す

[0103] このようにして得られた半導体レーザ素子 に対して、p囱組織23とn囱組織24との間に頒方向 て、p側電極23から正孔が注入されると共にn側電極 24から電子が注入され、MQW活性層18において光 学利得を生じて、発板波長が約404nmのレーザ発板 の所定電圧を印加すると、MQW活性B18に向かっ

[0104] 図5に示すように、遊択成長層14におけ る種結晶の上側の領域、すなわち、凸部12aの上側の 領域は、転位密度が約1×10° cm-2と高転位密度領 域14bが形成される。一方、ラテラル成長した領域は 転位密度が1×10⁷cm-²程度の低転位密度領域14 cとなる。従って、積層体30における低転位密度領域 14cの上方に、リッツ部31、 すなわちレー が光の共 **複器となる電流注入領域を形成することにより、レーザ** 素子の信頼性を向上することができる。

[0105] 本実施形態の特徴であるシード B12の 済 部12bの効果について図6(a)~図6(d)を参照

20

[0106] 図6 (a) に示すように、シード届12の 上部にストライプ状の溝部12bを形成し、続いて、溝 部の少なくとも底面上にマスク膜13を形成する。

[0107] 次に、図6(b)及び図6(c)に示すよ うに、溝部12b同士に挟まれてなる凸部12aの頂面 膜13の上にGaNからなる多結晶体41が折出する場 を種結晶として遊択成長層14を成長させると、マスク

[0108] 次に、図6 (d) に示すように、多結晶体 4が一体化されたとしても、種結晶である凸部12ヵの 頂面と、多結晶体41が析出した溝部126の底面との 間には段差部が形成されているため、多結晶体41は選 枳成長圏14及び積層体30の結晶性に何ら影響を及ぼ すことがない。その結果、積層体30の結晶性のばらつ 41が折出したままEL〇成長を続けて、選択成長層1 きを大きく低減でき、半導体レーザ茶子の製造の歩船ま りを大きく向上することができる。

び積層体30を基板面に垂直な方向に買く接合部14 a [0109] ところで、図1に示した遊択成長图14及 は、刃状転位が集中して小傾角粒界を形成している。従 って、n 側電極24から注入された電子は複数の接合部 1 4 a を横切ってMQW活性層 1 8 に到達することにな るが、接合部14aに集中した転位が電子の注入を妨げ

【0110】また、半導体レーザ素子をチップ状に形成 する際には、共振器のミラー面となる共振器端面を形成 する必要がある。一般に、半導体レーザ茲子の共板路端 き開時には基板11に係やクラックが生じることがあ 面は基板11をへき開することによって形成するが、

【0111】図39に示した第2の従来例に係る製造力 法は、基板401と位下的の半導体的404とが接触し ているために、基板401に生じた場はMQW活性層3 06を含む積層体にまで達し、レーザ系子の動作及び光 学特性を大きく損ねるといった不具合を生じる。

積層体30との間に空隙部12cを設けているため、基 る。このため、基板11に生じた傷によって積層体30 [0112] 一方、本実施形態においては、基板11と 校11に生じた傷を空隙部12cでとどめることができ が不見合を被る虞を著しく低減できる。

が悪い結晶となってしまう。その結果、インジウムを含 [0113]また、図37に示した第1の従来例に係る が約10° cm-2と多くなる。このような高転位密度を 有する半導体結晶は、ステップフロー成長する際に、高 密度の転位、特にらせん転位によって結晶表面のステッ むMQW活性層306を成長する際に、原料のインジウ 製造方法は、サファイアや以化ケイ茶からなる基板30 1.上に窒化物半導体的を成長させると、結晶の転位密度 プが終端され、結晶表面にマイクロファセットが形成さ れる。このため、結晶表面の凹凸が大きくなって平坦性 ムが成長中の結晶内に取り込まれる昼にばらつきが生じ てしまい、レーザ素子のしきい値電流が増大する等の感 影響が生じる。

[0114] 本実施形態に係る製造方法によると、図5 に示した、ラテラル成長領域、すなわち低転位密度領域 1.4 c において、一様なステップフロー成長を視察して おり、結晶表面の平坦性が良好である。その結果、MQ W活性層18を成長する際にも、インジウムの局所的な 偏折が生じないので、しきい航電流の低減を図ることが

れない。MOVPE法に代えて、ハイドライド気相成長 [0115]なお、水気循形磁においては、釜化物や導 体の成長方法にMOVPE法を用いたが、これに限定さ の、室化物半導体を成長可能な方法であればよい。後述 (HVPE) 法又は分子線エピタキシ (MBE) 法等 の各実施形態においても同様である。

サファイアに代えて、例えば以化ケイ素、ネオジムガレ [0117] また、シード附12は、 基板11との間に 【0116】また、基板11にサファイアを用いたが、 ート (NGO) 又は窓化ガリウム等を用いてもよい。 0,5

が、シード層12に単結晶を得られる方法であれば、低 低温パッファ 層を介した 2 段階成長によって形成した **電パッファ層は必ずしも必要ではない。**

い。すなわち、凸部12gにおけるマスク13により殺 【0118】また、シード図12の上部の凸部12aの 形成にリフトオフ法を用いたが、凸部12a及び清部1 2 b が形成でき、波溝部12 bの少なくとも底面にマス ク膜13が残る方法であれば、他の方法を用いてもよ

われていない領域のうちのC面を種結晶として、空隙部

20

12 こが形成される方法でわれば良い。さらには、凸部12 aをシード層12の上部を陥り込むリセスエッチによって形成する代わりに、シード層12の平坦な上面に、ストライブ状の開口パターンを持つ路沢成長用のマスク戦を形成し、そのマスク酸の間ロパターンから突出して成長した凸部を用いてもよい。

【0119】また、マスク膜13は、空隙部12 cが形成されればよく、溝部12 bの底面上にのみ形成しても

[0120] また、マスク膜13の材料に窒化シリコンを用いたが、窒化シリコンに代えて、他の結電体膜又は非晶質の絶線膜を用いてもよい。具体的には、酸化シリコン(SiON)、酸化アルミニウム(AlnO)、酸化含ケタン(TiOt)、酸化ジルコニウム(ZrO)又は酸化ニオブ(Nb1Os)を用いてもよい。これらの膜はECRスパッタ法を用いることにより、比較的容易に形成することができる。

[0121] (第1の実施形態の第1変形例)以下、本発明の第1の実施形態の第1変形例として、マスク膜に高融点金属又は高確点金属化物を用いる例を説明する。[0122] 遊択成長用のマスク膜13に、通被点金属であるタングステン(W)を用いると、マスク膜13に、高磁点金属であるタングステン(W)を用いると、マスク膜13に、高磁点金属であるタングステン(W)を用いると、マスク膜13に、部により抑えられる。これにより、多結晶体41の影響を受けない高品質な積層体30を極めて容易に形成することができる。[0123]これは金属からなるマスク膜13の方が誘電体からなるマスク限13と比べて、窒化物半導体結晶

との結合力が弱いことに起因する。 【0124】また、高極点金属であるタングステンは、 その極点が3380℃と、金属で最も融点が高く且つ蒸 気圧も低くて特性が安定しているため、酸化シリコン等 の誘電体を用いた場合のシリコンや酸素等の不能物が選 財成長層14~混入する虞がない。このため、タングス デンからなるマスク膜13を用いて成長した道状成長層 14には深い準位や非発光中心が形成されない。

40

[0126]図7に示すように、第1変形例に保る違択
成長層14は波長が430nm付近の深い準位からの第
光もなく、極めて強いペンド端発光を得られている。これにより、第1の実施形態に係る違択成長隔14と比べて、より声品質な結晶体を得られることが分かる。従って、このような高品位な違択成長隔14の上に積層体30を成長すれば、より発光効率が高いMQW活性隔18
参形応することがかる。

を形成することができる。 【0127】なお、第1変形例に係るマスク膜13にタ 30 主面とする基板11A上にレジスト膜を塗布した後、塗

ングステンを用いたが、代わりに、他の高磁点金属又は高程金の下である。 例えば、モリブデン

| (Month of the control of the con

[0128] (第10次版形像の第2変形例) 図814年 発明の第10実施形像の第2変形像に係る強化ガリウム 米半導体レーザ素子の断面構成を示している。図8において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の

【0129】図8に示すように、第2変形例に係る半導体レーザ素子は、シード图12の上に、進択成長쪕及びn型コンタクト層を設けることなく、n型A10.01Gaの8Nからなるn型クラッド隔16を設けている。

符号を付すことにより説明を省略する。

[0130]第1の実施形態において説明したように、シード園12の上部に種結品となる倒域を深いて溝部12とを形成しているため、マスク版13の上側には空隙部12。が形成される。これにより、マスク膜13上に多結晶体が折出したとしても、減多結晶体がシード階12の上に違択成長する半導体圏の結晶性が良好となり、レーザ構造の積層体3の一部である「型クランド 層12の上に遺伝形成できる。この場合には、「胸部値24は機出した「型クラッド隔15の上に

韓田部分上に設けることになる。 [013] (第2の実施形態)以下、本帝思の第2の 実施形態について図面を参照しながら認思する。

【の132】図9は本発明の第2の実施形態に係る窒化ガリウム系半導体レー扩素子のM面を共短器端面とする所面構成を示している。図9において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより観視を指路する。

【0133】本実施形態に係る半導体レーザ素子は、例えば、サファイアからなる基板11Aの上部に、選択成長用のストライブ状の凸部11aが共振器端面のM面に垂直な方向、すなわち基板11AのA軸(=<11-20)方向に設けられている。

[0134] ここで、n型コンタクト層15は、基板11Aの各凸部11aのC面上に生成された単結晶核を積積品として直接に形成されていることを特徴とする。

 [0136] 図10(a)、図10(b)~図12は本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ素子の工程順の所面構成を示している。
[0137]まず、図10(a)に示すように、C面を

(20)

特別2002-9004

布したレジスト版をフォトリングラフィ法によりストライプ状にパターニングを行なって、馬板11AのA輪が向に延びるストライプ状パクーンでその周囲が約10mm~30mmとなるレジストパターン40を形成する。続いて、レジストパターン40をマスクとして、反応性代ンエッチング(RIE)等のドライエッチングによイエンエッチング(RIE)等のドライエッチングにより基板11Aの上部に、断面輪が辿りμm~27mmで深をが約20nm~500nmの薄端11bを形成する。ここでは、溝部11b端上の間の薄域からなる凸部

11aの新面積を約1mm~3mmとしている。 【0138】次に、図10(b)に示すように、レジストパターン40を探まして、上部にA輪方向に通びるストプチの凸部11aを右する基板11Aを得る。

1 Aの上に、凸部11aの頂面に現われたC面上に生成 する単結晶核を種結晶として、n型GaNからなるn型 き、各溝部115の底面及び壁面とn型コンタクト層1 5の下面とにより囲まれてなる複数の空隙部11cが形 [0139] 次に、図11に示すように、MOVPE法 共に、基板面に平行な方向にも成長して、隣接する溝部 1.1 もの両側から成長してきた結晶体同士の互いに対向 5aを形成する。これにより、複数の凸部11aの頂面 から成長する各結晶体は一体化されて、上面がC面から なるn型コンタクト層15が形成される。また、このと を用いて、基板温度を約1000℃に昇温した後、例え I Aの上にトリメチルガリウム (TMG)、アンモニア (NH₃) 及びシラン (SiH₄) を供給して、据板1 コンタクト層15を成長する。このとき、n型コンタク ト層15は、各凸部11aの頂面から上方に成長すると 22Pa)の水素と窒素との混合雰囲気として、基板1 **する側面が溝部115のほぼ中央部で接合して接合部1** ば、圧力が約100Torr (1Torr=133.

~21.22。 【の140】ここで、サファイアからなる基板11Aによる選択成長の成長機構を説明する。

【の141】通常、窒化物半導体を成長する際に、誘窒化物半導体と格子定数が異なる基板を用いる場合には、基板上に窒化物半導体からなる低温パッファ層を介さずにGaN結晶を直接に成長させると、GaNからなる単結晶核同土が合体してなる3次元的な膜しか得られな

[0142]一方、本実施形態においては、基板11Aの構能11bの形成にドライエッチングを施しているため、溝部11bの底面及び壁面上にはドライエッチングを施しているため、溝部11bの底面及び壁面上ではドライエッチングによるダメージ層が形成される。このため、溝部11bの底面は、ドライエッチングが描されていない凸部11aの頂面は、その斯面瘤が約1μm~3μmと小さいため、高密度の単結晶核が容易に生成される。このように凸部11aの頂面上で生成された単結晶技が違形成長の種結晶となり、前述の成長条件で基核面方向への選択成長の種結晶となり、前述の成長条件で基核面方向への選択成長が領

(0.14.3] M 1 において、接合部15 a 以外の部状成反射域では関連を指摘が約1 x 1.0 f cm *2 のが強て関盟されるのになして、安合部15 a ではて届内に本事な概念が約4 x 1.0 f cm *2 のが度で製造される。 1 を p 2 x m > 6 x m > 6 x m としている。また、 n 種コンタット M 1 5 における内部 1 1 a の 1 重新分の C a と 2 x m を 1 x m としている。また、 n 種コンタット M 1 5 における内部 1 1 a の 1 重新分の C a と 2 x m を 1 x m と 2 x m を 1 x m

【の14】このように、本実施形態に係るELの成長 法が従来のELの成長と比較してチルト角が確めて小さ くなるのは、ELの成長した結晶層である。帽コンタット層15が比較11A上核軸しておらず、マスク酸13 との界面で低米のようなストレスが発生しないからであ

0.03度に抑えられている。

【0145】なお、このとき、接合部15aの下部に、 医際部11c層に開口する逆V学状のボイドが現われ - [0146] さらに、本文通形態においては、中型コンタクト層15の道状成を行なら隔に、清部115の底面上に多結晶体が折出したとしても、基板11Aの上部に設けた凸部11aと演称11bとの間に生じる段差によって多結晶体が「型コンタクト層15と接触しないため、組得体30の結晶の出質に懸影響を及ぼすことはない。その結果、和断体30から形成されるレーザ者子の動作特性のぼらつきを低減でき、事留まりを向上させることができる。

【0147】次に、図12に示すように、n型コンタクト的15の上に積層体30の残りの半導体層を形成す

[0148] + なわち、例えば、塩板温度を約970℃ に設定した後、圧力が約300Torrの本茶と溶析との混合雰囲気として、n型コンタクト局15の上に、n型クラッド層16、n型光ガイド層17、MQW活性層18、p型ケラッド層20及びp型コンタクト層21を耐水成反する。ここでは、MQW活性層18を、厚さが約4nmのGao.x1no.oxNからなるボ戸隔とばさが約6nmのGaNからなるバリア層により構成している。

[0149] 続いて、図9に示すように、p型クラッド 図20の上部及びp型コンタクト層21に対して、積層 体30のM軸 (=<1-100ン) 方向、すなわち、以 図11Aの溝部11bと平行な方向に、MWQ指性層1 8に遺状的に電流を出入するリッジ部31を、空隙部1 1cの上方で且つ接合部15aと重ならない領域、すな わち、既転位密度領域に形成する。ここで、リッジ部3

|の幅は約2μm~5μmとしている。 | 0 1 5 0 | なお、GaN系結晶は可視光にとって透明であるため、光学顕微鏡により凸部11mと空隙部11

ことを識別することが容易である。このため、フォトリソグラフィ法を用いたリッジ部31の位置決めを行なう邸に、専用のアライメントパターンを用いる必要がな際に、専用のアライメントパターンを用いる必要がな

【0151】次に、積層体30のリッジ部31を含まない関域をマスクして、n型コンタクト層15を露出した後、積層体30の韓出面に絶縁版22を堆積する。続いて、絶縁限22上にリッジ部31を跨ぐと共にp型コンタケ層21の絶縁膜22からの霧出領域上にp側高複23を形成する。また、n型コンタケト層15における絶縁膜22からの露出領域上にn側電極24を形成す

【0152】次に、積層体30のM面で、すなわち基板11AをそのA面でへき開することにより共展器端面を形成する。前述したように、サファイアのA面はへき開が困難な結晶面であるが、基板11Aに空隙部11cを設けたことにより、へき開が所定の位置からずれた状態でサフィイ7結晶が破断したとしても、この破断が積層体30に伝播しないため、共振器端面の近傍には良好なへき開面を容易に得ることができる。これにより、レーザ業子のへき開による歩留まりを高くすることができ

【の153】次に、~を届した共阪路の回路面に適当な反射率となるように認電体験等によってコーティングを掲し、その後、リッジ部31に対して平行な画面でチップ状に分割して半端体レーザ素をゆる。

[0154]本実施形態に係る半導体レーザ茶子は、第 1の実施形態で述べたように、ELO成長した領域において一様なステップフロー成長が観察される。このような平坦な表面上にMQW活性層18を成長すると、インジウムの局所的な偏析が起こらない。その結果、MQW活性層18は高品位な結晶体となるので、レーザ素子の動作電流を低減することができる。

[0155] 図13は本実館が態に係る半導体レー扩装 子から出射されるレーザ光の共戦器端面に平行な方向に おける遠視野像を示しており、単縁柱の良好な光強度分 布が得られている。一方、第1の従来図に係る半導体レ 一世業子は、図42に示したように、光強度分布が多峰 性となる遠視野像を示す。

【0156】本実施が膨に係る半導体レーザ素子に単棒性を得られるのは、積層体30と基板11Aとの間に空隙部11Aとが光学的に互いて分離されているためである。10157】具体的に強いする、個9に示すように、同型クラッド層16の下側には、該n型クラッド層16 されているため、MQW活性層18で生成された生成光が基板では、MQW活性層18で生成された生成光が基板では、MQW活性では、しかしながら、未実施形が基めて低い空隙には、しかしながら、未実施形が活めて低い空隙においては、n型コンタット層15の下側に、最が事が活めて低い空隙の11cを設けているため、n型クラが縮めて低い空隙に11cを設けているため、n型クラ

ッド層16と基板11Aとの間に寄生的な薄波路が形成されず、従って、生成光の漏れによるMQW活性層18の光の閉じ込め保数値が低下しないからである。

【0158】なお、この寄生的な導波路の生成を阻止する効果は、空隙部11cの基板面に垂直な方向の間隔、すなわち溝部11bの深さに依存する。計算機シミュレーションによると、溝部11bの深さ寸法が少なくとも50nn程度あれば、基板11A個への光の端れが実質的になくなることを確認している。

【0159】また、GaNからなるn型コンタクト級1 5にアルミニウムを2%以上添加すると、基板11A億 への光の流れをより効果的に抑制できることをも確認し ている。

[0160]また、本実施形態においては、基板11Aの凸部11aの項面に生成される単結臨核として窒化ガリケムを用いたが、他の箋化ガリケム系の温品、すなわち、Alu Gav In*N (但し、u, v, wは、0≦u, v, w≦1、u+v+w=1である。)でおればよい。混晶の場合は、該混晶の組成に応じてELO成長に最適な成長条件を選ぶことができる。

(016) また、基板11Aにサファイアを用いたが、サファイアに代えて、例えば炭化ケイ素を基板11Aに対りりた等を用いてもよい。但し、炭化ケイ素を基板11Aに用いると、積積体3のに引っ張り至みが加わり、クラックが発生しやすくなるため、溝部11bの新面積をできるだけかさくすることにより、n型コンタケト層15が一体化されたときの機可が2,m未満となるようにすることが望ましい。また、基板11Aに炭化ケイ素や窒化ガリウムを用いた場合は、へき開けM面及びA面のいずれの面でも容易となるが、溝部11bのストライブ方向と直交する面でへき用する方が歩留まりを高くでき

【0162】また、基板11Aに溝部11bを形成する際に、R1E法によるドライエッチングを用いたが、溝部11bの底面及び壁面にダメージ層を形成し、窒化ガリウム系半導体に澄积成長性を付与できる方法であれば、他のドライエッチング方法、例えば、イオンミリング法を用いてもよい。

【の163】また、溝部111bのダメージ癌をELの成長のためのマスク層としたが、折出した多結晶体がダメージ層に付着するような場合、特に、基板11Aに窒化ガリウムを用いる場合には、強択性をより向上させるために、窒化シリコン等からなるマスク膜を溝部11bの少なくとも底面上に形成することが算ましい。

40

[0164]なお、マスク膜13は、窒化シリコンに限らず、第1の実施が膨に示した結合体、非晶質の地線体でも良く、さらには、その第1変形例に示した価格点金属又は高融点金属に物を用いることが対ましい。

【0165】以上説明したように、本実施形態に係る発

明は、レーザ素子に関するが、転位密度が低い窒化ガリ

20

ウム系結晶を得る半導体の製造方法としても適用できる。さらに、第1の実施形態のように、茲板11上にシード隔12を設けないため、製造プロセスを簡略化でき

【0166】また、本実施形態に係る姫蛇位窓度破域を有する窒化物半導体路を用いることにより、発光素子に限らず、電子素子等の他の半導体系子を形成しても良い。これにより、該半導体素子の高信頼性と高歩帽まりとを実現できる。

[0167] (第30実施形態)以下、本発明の第30 実施形態について図面を参照しながら説明する。

【の168】図14は本発明の第3の実施形態に係る等化ガリウム系半導体レーザ来子の断面構成を示している。図14において、図1に示す構成部材と同一の構成部析に図一の符号を付すことにより説明を省路する。【の169】第1の実施形態との構成上の相違点のみを

【0170】シード局12の各凸部12aの頂面から成及して一体化された選択成長路14Aに選化アルミニウムガリウム(A1GaN)を用いる非に、n型A1GaNとn型型のNとn型CaNを指立を持つn型組格子ラッド圏16Aがn型コンタクト層15を推ねる構成を探る。これにより、MQW活性限18の光の間じ込め係数値を大きくしている。

[0171] 図15は本実施形態に係る半導体レーザ券子のリッジ部における基板と垂近な方向の配折率分布と、共振路端面の光強度分布との関係を示している。また、図16は本実施形態に係る半導体レーザ素子から出料されるレーザ光の共振器端面に平行な方向における過級野像を示している。

[0172] 第3の実施形態においては、シード路12の講部12 bの課さを約50nmとし、n型超格チッラッド層16 Aの平均組成をA10.07Gao.33Nとしている。また、n型光ガイド層17から上の積層体の構成は、図37に示した従来の半導体レーザ業子と同等の構成、、図37に示した従来の半導体レーザ業子と同等の構

[0173] 図15から分かるように、本実施形態に係る半導体レーザ素子は基板11億への生成光の漏れがみられない。また、MQW活性層18への光の閉じ込め係数値は、図41の場合の約1.54倍にも達することを確認している。

【0174】これは、MQW活性図18が、シード房120空隙間12 cによって基板11と分離されている上に、n型超格子クラッド層16Aとシード路12との間に、光の風折率がn型超格子クラッド層16Aよりもかな水及層14Aを設けていることによる。これにより、n型超格子クラッド層16Aと基板11との間に寄生的な薄液筋が形成されないため、MQW活性層18における光の閉じ込め係数値の生成光の温れによる低下を抑制る光の閉じ込め係数値の生成光の温れによる低下を抑制

(22)

[0175]なお、この客生的な導波路の生成を阻止する効果は、空隙部12。の場板面に垂直な方向の間隔、すなわち溝部12bの深き十述に依存する。前述したように、溝部12bの深き十述が少なくとも50nm程度あれば、原板11個への光の端れを実質的になくすことができる。

[0176]また、達以成比が14ハのアルミニウムの 組成は、2%以上、当ましくは4%以上とすることによ10 り、生成光の基板11億への漏れを抑制できる。

[0177]また、本実施形態においても、遊収成長務14 Aを成長する際に、AIGaNからなる多籍品格がラマスの版 13 にお押出したままじしの成長を発行して、AGMによるを発出しているのでは、とびにいるのでは、Bのではは役益が任ているため、多結晶体により遊収成性的14 Aの結晶性が劣化することがない。その結果、規格体30の結晶性が消化するできたされた。その結果、規格体30の結晶性が消化するできたがない。その結果、規格体130の結晶性が消化するに対してきまれている。

20 [0178]以下、積層体30上のリッジ部31の位置 合わせ方法について説明する。 【0179】 積粉体30における空隙部12cの上方の 軽低流速度減減にリッジ部31を形成するには、フォト リングラフィ油によりリッジ部31の位置決めを高粘度 に行なう必要がある。

[0180] 図17は積粉体30を形成する前の塗形成 5層14の光学数像による平面写真と、それと写近す 5億数成長層14の単面転成を表わている。図17元 ポナように、光学数位数によって、低高位金度関域14 では、高極位密度領域145及び後合語142と第紀に 4周1できる。従って、フォトリングラフィボによるリッ ジボ31の位置決めを行なう工程において、専用のアラ イメントバターン(位置合わせマーク)を用意する必要 がない。 【0181】また、共展器端面の形成には、基板11及び積層体30をへき開する必要がある。本実施形態においても、シード層12に設けた密展部12cにより、基板11に生じた傷が空際第12cでとどまるため、積層体30への影響を確実に低減できる。

40 [0182] 本支端のにあること。 40 [0182] 本支端のにおいては、nmの確24はn型 超格子クラッド降16Aと接するように形成されてお り、n型短格子クラッド府16Aをn型コンタット府2 【0183】前述したように、MQW活性的18からの生成光が基板11順に離れないためには、n型光ガイド路17と空隙部12。との間にアルミニウムを含む半導体階によって構成する必要がある。ところが、n側電電24を形成するためのn型コンタクト層にアルミニウムの組成が大きいバルク局(単層)、例えば、n型A1

0.07G a 0.93Nからなる単層を用いると、該単層の抵抗

(23)

(54)

特開2002-9004

率が窒化ガリウムと比べて2倍程度に増えたり、さらに はコンタクト格抗が増えたりして、レーザ素子の駆動電圧が増大してしまう。

[0184]本原発明者らは積々検討を重ねた結果、例えば、n型Alo.14Gao.seNとn型GaNとからなるn型路格子クラッド隔16Aの比低抗は単層のn型GaNとがちなるnun型路子が下いる。これは路格子半導体層に生成される2次元電子ガスの移動度が大きいためである。さらに、本腐発明者らは、超格子を構成する単位国の線厚を十分に小さく、例えば2 nu程度とすることにより、コンタクト抵抗が1型CaNMを回転にできるという知見をと得ている。このときのn型不純物のドーピング機度を1×10¹⁶cm⁻³程度

【の185】これにより、AIGaNとGaNとを超符子構造とすることにより、AIGaNの低回折率を生かしながら、同時に低低抗化をも実現でき、低電圧化を確実に達成できる。

[0186]なお、超格子層は、アルミニウムの平均組 成が2%で且の酸厚が1/(4n)以下が好ましい。こ こで、1は光の被長であり、nは単位層の配所率であ こで、2は光の被長であり、nは単位層の配所率であ

[0187]さらに、本実施形態によると、図17に示す避択成長層14Aの低転位密度領域14cには、原子間力顕微鏡 (Atomic-Force-Microscopy: AFM) による割定によって、一様なステップフロー成長が確認されており、表面は良好な平坦性を有している。その結果、インジウムを含むMQW活性層18の成長時に、インジウムの局所的な偏形が生じなくなるので、しきい値電流を低減することができる。

[0188]また、基板11にサフィイアを用いたが、 サファイアに代えて、例えば炭化ケイ素、ネオジムガレート (NGO) 又は窒化ガリウム等を用いてもよい。 [0189]また、シード層12の上部の凸部12aの 形成にリフトオフ弦を用いたが、凸部12a及び落部1 2bが形成でき、核溝部12bの少なくとも底面上にマ スク膜13が残る方法であれば、他の方法を用いてもよ [0190]また、マスク膜13は、空隙部12cが形成されればよく、溝部12bの底面上にのみ形成しても 40

[0191]また、レスク版13には、ECRスパッグ 治による線化シリコンや級化シリコン母の認為存を用いても良く、ならに好ましくは、タングスレン科の運搬点 発達やモのシリナイド石物や用いるも良い。

10192] (第4の実施形態)以下、本務明の第4の 実施形能について図面を参照しながら説明する。

【の193】図18は本発的の第4の実施形態に係る窒化力リウム系半導体レー扩業子の断面構成を示している。図18において、図1に示す構成部材と同一の構成

部材には同一の符号を付すことにより数明を省略する。 【0194】第3の実施形態との構成上の相違点のみを設明する。

【0195】第3の実施形態に係るAIGaNからなる 逸校成長暦14名を、図18に示すように、ジード暦1 2の凸部12aの頂面の近傍に形成されたGaNからな る第1の選択成長暦14Bと、該第1の選択成長曜14 Bの上方及び側方を覆う、AIGaNからなる第2の選 好成長成長14Cとの2階構造としている。

【0196】また、n型コンタクト層を兼ねるn型超格 チクラッド層16名を、n型超格子コンタクト層15名 と単層のAlo.orGao.oxNからなるn型クラッド層16との2層構造としている。ここでは、n型超格子コンタクト層15名の構成を、n型Alo.vGao.ovとn型のaNとからなる超格子構造としている。 【0197】また、積層体30の上部におけるリッジ部31には、該リッジ部31の上面にのみり倒電極23を形成し、該り創電極23及びリッジ部31を築うようにり個配線電極25が形成されている。同様に、n 回電廠24上には数n 回電極24を覆うn 電配線電極26が形成されている。

【0198】以下、本実施形態に係る半導体レーザ潔子の製造方法の特徴を説明する。

【0199】まず、シード層12の各凸部12aの頂面を種結晶として成長する複数の第1の遊択成長層14Bを成長させる。続いて、各第1の避択成長層14日を権結晶として成長する第2の選択成長層14 に同土が接合して一体化するまでは、第1及び第2の遊択成長層14 B、14Cの成長圧力を200Torr程度と比較的低く設定している。

【0200】これは、減圧状態とする程、第1及び第2の選択成長階14B、14Cの成長速度が、基板面に垂直のC軸方向と比べて、シード階12のA軸方向、すなわち、溝部12bを核切る方向の方が大きくなるからで

[0201] これに対して、MQW活性層18は成長時の圧力を300Torr程度に高くして行なう。これは、成長圧力を高くした方が、蒸気圧が高いインジウムの蒸発を抑制でき、MQW活性層18の結晶品質を高くしやすいためである。はって、積層体30を形成する際には、第1及び第2の選択成長層14B、14Cと成長圧力を変更することになる。

[0.2 0.2] このように、連続する窒化物半導体の成長 工程において、成長圧力を変更するには、稼働中に成長 圧力を変更可能な1つの結晶成長炉を用いても良く、ま た、それぞれの成長圧力に設定された別々の結晶成長炉 を用いても良い。

[0203]第4の実績形態に係る半導体レーザ業子は、第3の実績形態と同様に、図15に示した屈折率分布及び光強度分布を示し、図16に示した出射光の遠視

f像を得ている。 【0204】これは、MQW活性層18が、シード階1

45

[0206]また、第2の遊択成長層14Cのアルミニウムの組成は、2%以上、望ましくは4%以上とすることにより、生成光の基板11個への漏れを抑制できる。[0207]以上の構成により、MQW活性層18への光閉じ込め係数値は、図41の場合の約1、5倍となり、レーザのしきい値電流を低減できる。

【0208】次に、本発明に係る凸部12aの頃面を積結品とする遊択成及法と、図38に示す、平坦なシード階をストライプ状にマスクする第2の従来例の違択成長法との成長機構の相違点を説明する。

[0209] 図19 (a) は第4の実施形態に係る遊択成長機構を模式的に表わしており、図19 (b) は第2の従来例に係る強択成長機構を模式的に表わしている。[0210] 良く知られているように、分子等からなる反応種が所望の結晶体に成長するまでには、結晶体の状态上やマスク膜の表面上やマスク膜の表面上でいて、反応循純吸消、虹散及び蒸発等を繰り返すというプロセスを揺る。例えば、面でかるテラス上を拡散する。また、表面に吸消された原子は大路界が向上原子はステップと呼ばれるテラス上の段浩高で結晶化す

[0211] 図19 (b) に示すように、従来のELO成長の場合においても、マスク隊403上で両様のプロセスを揺る。すなわち、マスク談403上を拡散した原子は、GaNからなる半導体隔404の端部に吸着する。このとき、マスク版403を構成するシリコン叉は酸素が、木茶やアンモニアの還元作用によって分解されて、不純物として半導体図404に取り込まれることにより、半導体図404のは高度が劣化する。

【0212】これに対して、図19(a)に示すように、本実施形態においては、マスク版13上を拡散して、GaNからなる第1の強択成長層14日に取り込まれる原子はない。それは、第1の途沢成長層14日の下面に結晶が成長し得ないためである。このように、マスク膜13上の反応種の結晶成長への寄与が能来のELO法と異なっており、このことから、本務明の成長機構は

従来のELの法による成長機構と異なっている。 【0213】本実施形態においては、第1の遊取成長桁 14 BにG a Nを用い、第2の遊取成長桁14 CにA 1 0.05 G a 0.05 Nを用いたが、第1の遊取成長桁14 Bに は、アルミニウムの割成が4%以下のA 1, G a 1, 1 n

N (x+y+z=1) からなる強化物半等体であればよい。
 [0214] 以下、低幅折率を有する第2の進収成投格142を放発するよりも向に、シード約12を複結論とする第1の進収成投格14Bを形成する目的を図面に基する第1の進収成投格14Bを形成する目的を図面に基

[0215]第3の実施形態で設別したように、基板面に対して垂直な方向の様モード頭部及びMQW活性的18への光の間じ込め運数値を大きくするのであれば、選択成長層を20階端とする必要はない。

んごと説明する。

[0216]ところが、図20(b)に示すように、A 1GaNからなる強形成長短14Aにおいてアルミニウ ムの組成が4%を超える場合には、強択成長四14Aの 成長方向の端面にうねり144が生じる場合がある。 対成長円14Aの成長条件、例えば成長に力、成長電 度、又は111 族際に対するV族際のモル比であるV / 11 | 比等に適当な値を設定すれば多少の改善はされるもの
の、配産を考えると、成長端面のうねり 1 4 dの発生を 種力なくすことが好ましい。 10 2 1 7 1 本価値明存らは、シード例 1 2を模様間と

[0217] 本類発明者らは、シード的12を模結品とする選択は長めには、アルミニウムの組成を小さくした、窒化物下導体的を用いることが好ましいことを見いだしている。ている。

[0218] 以格的には、図20(a)に示すように、まず、アルミニウムの組成が4%以下の発化ガリウム系率単位からなる第1の造板成長層148をシード約12の時間12の近傍に成民しておき、その後、成民した第10箇板成長附148を確結はとして、アルミニウムの組成が4%を越え、原制所率を行する流化ガリウム系半単体からなる第2の適板成長附14とは成長端面にうわり146を生じない良好なラテラル成長を行なえるようになるもとになり良好なラテラル成長を行なえるようにな

【0219】また、第2の途状成長約14Cは、そのアルミニウムの組成が大きい程、また、その成長時間が長いほど、マスク版13上に多結晶体41が折出しやすくなる。これはGaN結晶と比べてAlGaN結晶又はAlN結晶の気急速度が小さいためである。

[0220] 図21 (a) ~図21 (d) にボナように、Ga Nからなり、多格晶体 41 が折出しにくい第1の遊売成長的 1 4 8 を成別に成及することにより、成及選出が減合するまでに数する第2の通程成長的 1 4 Cの成成展開を超くすることができる。

AKAMMを超いまることが、この。 [0221]また、図21 (c) 第1の選択成長約14 8が傘状に成長するため、マスク版13上に供給される

20

(56)

反応権の金を低減できる。これらの効果により、マスク 限13上の多結晶体41の折出虚を大きく低減できるようになり、空隙部12。の上方に成長する積層体30への影響を極めて小さくすることができる。その結果、光の閉じ込め係数値を確実に大きくできる上に、積層体3 の対温性が向上してレーザ素子としての動作特性のば らつきを大きく低減できるので、製造の歩留まりをも確 集に向上することができる。

[0222]なお、本実施形態においては、站板11に サファイアを用いたが、サファイアに代えて、何えば校 化ケイ素、ネオジムガレート又は館化ガリウム等を用い

【0223】また、マスク膜13は、空隙部12cが形成されれば、溝部12bの底面上にのみ形成してもよ

てもよい。

【0224】また、マオク膜13には、ECRスパッタ 芯による窒化シリコンや酸化シリコン等の該価体を用いても良く、さらに好ましくは、タングステン等の高融点 6履やそのシリサイド化物を用いると良い。

[0225] (第5の実施形態)以下、本発明の第5の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0226】図22及び図23は本発明の第5の実施形態に係る窒化ガリウム系半導体レー扩業子であって、図22は額層体のM面における断面構成、才なわち基板のA面における断面格成を示し、図23図22のXIIIーXXII線における断面を示し、積層体のA面、すなわち基板のM面における断面格成を示している。図22及び図23において、図1に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

[0227] 類5の実績形態は、MQW活柱図18を合む段隔体30から、平坦な柱版器端面32を移り半端件アーナ業子を確実示形成できるようにすることを特別する。

[0228] 図22に示すように、シード階12の上部には、断面幅が約3μmの凸部12aと的面幅が約12μmの消部12bとを一周期とする周期清値体の34周期(長さ510μm)ごとに、溝部12bの断面幅を約20mmと大きくした拡大落部12dが形成されてい

【0229】第1の実施形態と同様の方法で積層体30を形成すると、シード層12の各凸部12aの頂面を積 結晶としてラテラル成長する積層体30は、拡大雑部1 2dの上方では接倍されないため、解接する積層体30 のA面同士の成長端面が接することなく現われる。この 成長端面は、自然形成された結晶面でもあため、M面等 の他の面方位が全く流在していない。従って、この成長 の他の面方位が全く流在していない。従って、この成長 の地の重大振器端面32に用いると、図43に示して従来 の事業体レーザ業子のように、A面とM面とが混在することにより生ずる共振器端面におけるミラーが混在する

[0230]この自然形成されたA面を特つ成長端面を原子間力顕微鏡 (AFM)により観察すると、その表面は落さの2乗の平均値が1nm以下となる極めて平坦な表面を得られていることを確認している。

[0231] さらに、この成長権百を共振器結回32とすると、エネルギーギャップがMQW活性層18よりも大きいり型光ガイド層19、p型ケラッド層20が共版器端面32上に形成されているため、p型光ガイド層19、pWでp型がガイド層14が吸収されることがない。これにより、積層体30における共振器端面32の近傍の温度上昇が増越されるので、端面劣化による信頼性の低下を防止できる。

10232] 第5の実施形態に係る半導体レーザ兼子によると、ストライブ状の凸部12aの原面を循結晶とするELO成長注を用いると共に、さらに、凸部12a回上の側面により形成される滞部12bの形成周期をその形成周期よりも大きい周期で此大溝部12dの上方に積固体30の成長端面がそのまま鏡出するため、この自然形成された鏡出面が4度に係る半導体レーザ業子と、図39に示す第2の従来側に係る半導体レーザ業子と、図39に示す第2の従来側に係る半導体レーザ業子と、図39に示す第2の従来側に係る半導体レーザ業子と、図39に示す第2の従来側に係る半導体レーザ業子とのレー光光の影像しきいばを比較すると、本実施形態に係るレーザ素のの方が約30%も複数する。

【0233】なお、基板11にサファイアを用いたが、 サファイアに代えて、倒えば吸化ケイ茶、ネオジムガレート (NGO) 又は窒化ガリウム等を用いてもよい。 [0234]また、マスク模13は、空隙部12。が形成されれば、溝部12かの底面上にのみ形成してもよ 成されれば、溝部12かの底面上にのみ形成してもよ 【の235】また、レメク版13mは、ECRメパッタ治による強化ソリコン全般化ソリコン学の総稿存を用いても良く、さらに好ましくは、タングスドン等の通報点金属やそのシリサイド化物を用いると良い。

[0236]また、シード個12の上部に設けた凸部12a及び滞部12bの幅はそれぞれ3μm及び12μmに限られないが、凸部12aの幅を溝部12bの幅よりも小さくする方が好ましい。このようにすると、凸部12aの頂面の積結晶から積層体30に伝播する応位の影響を低減でき、転位によるレーザ素子の創作特性の劣化を防止できるので、該レーザ素子の信頼性を向上することができる。

[0237]また、シード路12の上部の拡大済部12dの形成開助も共展器長に合わせて適当な値に設定すればよい。

[0238] 第5の実施形態においては、凸部12aのストライプカ向として積層体30のM輪方向を遊び、その自然形成されたA面を共展器端面32としたが、代わりに、凸部12aのストライプ方向として積層体30のM輪と直交するA輪方向を送ぶと、M面が自然形成され

る。従って、A輪方向に延びるストライブ状の凸部12aを形成することにより、自然形成されたM面を共振器端面32に持ち、しきい値電流を大きく低減でき且つ信額性が向上する半導体レーザ素子を得ることができる。
[0239] (第5の実施形態の第1変形例)以下、本発明の第5の実施形態の第1変形例について図面を参照しながら説明する。

変更することができる。

様成を示している。図24においては、図22に示す構成を示している。 (0241)図24に示すように、第1変形例に係る半 単体レーザ深子は、積極体30の共展認識面32を自然 形成する拡大溝部124の内側に隣接する溝部をも断面 幅が20μ四程度に拡大された拡大溝部124を有している。これにより、積極体30の共展認識面面の両端部 に、それぞれの対向面がA面からなる画面空級部30 が形成されている。 [0242]このように、共振路端面32に、短折幸が1である側面空隙面30aと、超折半が約2、6の窓化ガリウム系半導体からなる積極体30とを組み合わせることにより、高低折幸送を実現できるため、共復器端面32におけるレーザ光の反射率を誘体体解等によりコーティングする場合と比べて大きくすることができる。[024]共優器端面32におけるレーザ光の反射・含菌の5には、側面空隙部30aによって積極体30から調立する配立体の出射力向の幅寸込が、3人(4n)の整数値であることが時ましい。ここで、3は光の波段

[0244]なお、宣面空際第30aを被略体30の阿瑙部に設けたが、反対率を高めて出射光の出力値を増大させるために、積略体30のいずれか一力の議部にのみ宮面空襲第30aを設けてもよい。

であり、nは重立体の屈折率である。

【0245】本変形図によると、レーザ光の発版しまい。値電流は、回面空隙部30aを設けない場合と比べて、約20%も低減され、回面空隙部30aの効果は揺めて大きい。なお、電面空隙部30aは貧困体30中に3つ以上設けてもよい。

[0246] (第5の実施形態の第2変形例) 図25 は、第5の実施形態に係る第2変形例であって、シード 図12の上部に設けるメトライプ状の隣部をすべて拡大 採第12dとしている。

9

[0247] このようにすると、複数の程所体30のそれぞれは、基板11上においてすべてが重立体となる。 値って、所望の共優器長を持つ共優器が形成されるように複数の可立体からなる共優器を形成し、形成した共優器の端面と対応する位置の電面空級部30aにおいて基板11を分配することにより、複数の面立体を含む1つの半導体レー并表すを形成できる。

50 【0248】これにより、第2変形例に係る半導体レー ザ素子は、レーザ光のミラー樹大の製図となる凹凸がなく極めて平坦なA面を持ち、肌つ、該レーザ素子に重立 体を含める腐数を変えることにより、共版器長を容易に

特冠2002-9004

[0249]さらには、各拡大溝部124ごとに先板11を分割することにより、凸部12aの1つ分からなり、共毎路長が約15mmのレーザ素子を得ることも可能となる。従来のように活板と積弱体とを同時にへき開か する方法では、共簸器端面の平地性を維持しながら、このような微小な共戦器を形成することは極めて困難であ

【0250】(第5の実施形態の第3変形例)以下、第3変形例として、選択成長層の上部にストライプ状の凸部をさらに設けて、発析体30から結晶低位を完全になくしてしまうことにより、半導体レーザ素 fの信頼社をより向上できる方法を認明する。

【0251】図26にボナように、上部に凸部12*及び落部125が設けられ、該落部125の底面及び裝面20 に第1のマスク膜13人が形成されたシード約12*の上には、選択成長シード約34が6Lの成長により一体に形成されている。

[0252] 選択成長シード路34の上には、シード路12の凸部12a及び搭部12bと同等の周期を持つ、凸部34a及び構部34bが設けられており、該構部34bが設けられており、該構造34bの底面及び陸面には第2のマスク版13Bが形成させて、

 102541このように、第3変形例によると、遊校成長シード約34の上部に設けられた凸部34の所能であるC面を指摘しとして遊校成校M14が成及している。この凸部34の面面では、シード約12における口部12aの頂面の積積制からの高位や、遊校及長シード約34の対型がでまれない落出がのも指面が曳われている。その特集、高品度の遊校及り、結門及サードが高いがしたしまれている。その特集、高品度の遊校及長別14の上に形成される最終体30位にはM2などが、表別をに結構したレーザをの形式により出来を停止でき、極めて高温質な発化カリウム系半導体レーザ素予を

【0255】(第6の実施形態)以下、本発明の第6の 実施形態について図面を参照しながら説明する。

|0256||427は本発明の第6の大衛形態に保る流行がガリウム系半導体レーナポイであって、投資体のA面における原面路域、才なわち張敬のM面における原面路域、存在わち張敬のM面における原面路域を示している。1427に、1412年で33の大橋形態に保るレーナポイの構成部件と同一の特別を付けてによっ、の存成を持てしてにより議例を允勝する。

20

【0257】第3の実施形態との構成上の相違点のみを 勢闘ナス 【0258】図27に示すように、サファイアからなる 基板11上には、第1のシード層12A及び第2のシー ド層12Bが設けられている。

[0259] 第1のシード階12Aの上部には、ストライプ状の凸部12a及び溝部12bが基板11のM面に対して平行に、すなわち、積層体30のA面に対して平行に設けられている。同様に、第2のシード隔12Bの上部には、ストライプ状の凸部12a及び溝部12bが、第1のシード層12Aの凸部12a及び溝部12bと平行で且つ基板面に垂直な方向で直ならないように設けられている。

01

【0260】以下、前記のように構成された半導体レー ザ素子の製造方法について図面を参照しながら説明す 【0261】図28(a)、図28(b)〜図31は本路明の第6の実施形態に係る半導体レー扩素子の製造方式であって、基板のA面における工程順の断面構成を示している。

【0262】まず、図28 (a) に示すように、MOVPE法により、C面を主面とする基板11上に、基板温度を約530℃に設定し、例えば圧力が約300Torの水素と窒素との混合雰囲気として、III 核源のTMG、3素源のNH3 とを供給して、GaNからなる低電ベッファ層を推積する(図示せず)。続いて、基板温度を約970℃にまで昇電した後、TMG、NH3 及びSiH4を基板11上に供給することにより、腕厚が0.5μm~1μm程度のn型GaNからなる第1のシード層の上層12Aを成長する。このとき、第1のシード層の主面はC面となっており、転位密度は10°cm²台で

[0263]次に、図28(b)に示すように、第10シード層12A上にレジスト隊を塗布した後、塗布したレジスト隊を塗布した後、塗布したカラが第10シード層12AのM植力向と一致するパタ・続いて、レジストパターン40を形成する。続いて、レジストパターン40をマスクとして、第10シード層12Aの上部に、所面描述が10シード層12Aの上部に、所面描述を3amーを1nの凸部12aと断面積が12bmラ4mの高部112bを一周規とする路域構造を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路環構を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路環構を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路環構造を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路環構造を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路域構造を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路域構造を形成する。このとき、溝部12bの深さ寸法路域

【0264】次に、図29(a)に示すように、ECRスペッタ法を用いて、第1のシード層12Aにおける講部12bの庭面及び壁面とレジストパターソ40上に、窒化シリコンからなるマスク膜13を堆積する。こでも、シリコンの原料には、固体シリコンを用い、反応性ガスには登案を用い、プラズマガスにはアルゴンを用い

70.5°

[0265]次に、図29(b)に示すように、レジスタパターン40に対してリフトオフを行なって、レジストパターン40及びその上のマスク原13を除去する。なお、マスク膜13は、洋部12bの壁面の全面を敷っていても良く、壁画の一部を敷っていても良い。

ド層12Bの下面とにより囲まれてなる複数の空隙部 【0266】次に、図30 (a) に示すように、再度M OVPE法を用いて、例えば圧力が約100丁orrの "Cにまで昇温した後、TMG、NH3 及びSiH4 を第 1のシード層12Aの上に供給することにより、第1の シード層12Aのマスク膜13から露出した領域を福結 晶として、n型GaNからなる第2のシード層12Bを 成長する。このとき、第2のシード層12Bは、各凸部 12aの頂面から上方に成長すると共に、 基板面に平行 な方向にも成長して、隣接する溝部126の両側から成 長してきた結晶体同士の互いに対向する側面が溝部12 れにより、複数の凸部12aの頂面から成長する各結晶 12日が形成される。また、このとき、第1のシード層 12Aにおける各溝部12bの底面及び壁面と第2のシ 12 c が形成される。このときの、第2のシード層12 bのほぼ中央部で接合して接合部12eを形成する。こ 体は一体化されて、上面がC面からなる第2のシード隘 Bの膜厚は、溝部12トの幅寸法等に依存するが、約2 μm~6 μmである。

[0267] 第2のシード暦12Bにおける接合部12eを除く遂択成長頭域では、転位密度が約1×10。cm-程度の貫通転位が観測されるのに対し、接合部12eでは、C面内に平行な転位密度が約4×10¹cm-

の結晶低位が観測される。 【0268】また、第2のシード図12日における凸部 12aの上側部分のC軸と空隊部12c上の領域のC軸 とのチルト角は0.01度~0.03度である。

[0269] このように、本実結形態に係るELO成長 注が従来のELO成長と比較してチルト角が極めて小さ くなるのは、ELO成長した結晶層である第2のシード 層12 Bが第1のシード層12 Aと接触しておらず、マ スク膜13 との界面で従来のようなストレスが発生して いからである。 【0270】なお、接合即12eの下部に、空隙部12c側に関口する逆V字状のポイドが現われる。

【0271】さらに、本実施形態においては、第2のシード層12Bの建択成長を行なう際に、補印12bの底面上に多格晶体が折出したとしても、第1のシード層12Aの上部に設けた凸部12a及び構部12bにより形成される段差によって多格晶体が第2のシード層12Bと後触しないため、レーず構造を含む積層体30の結晶 品質に悪影響を及ぼすことはない。その結果、積層体30から形成されるレーザ素子の動作特性のばらつきを底

53

特班2002-9004

(58)

域でき、歩留まりを向上させることができる。

[0273]これにより、第2のシード6012日における、第1のシード6012Aの空隙部12と上に位置する低極位密度領域を種結晶として、2回目のELの成長を行なえるようになる。なお、窒化ガリウム系結晶は可視光にとって透明であるため、光学数儀鏡により凸部12a上溝部部12bとを容易に識別することができ、フォトリングラフィ法によるストライブ状パターンを持つ凸部12aの位置決めを行なう際に、専用のアライメントパターンを用いる必要はない。

[0274]次に、図31に示すように、MOVPE法を用いて、例えば、圧力が約100Tっrrの本条と発素との総合雰囲気とし、基板温度を約1000℃として、第20シード層12Bの上に、マスク酸13から露出する上部12aの傾面に現われたに両を確結晶として、n型A1GaNからなりま面がに面からなる選択成長層14Aではたまで成長させる。これにより、遊状成長層14Aは周期的に形成される後台第14aを除くすべての領域で転位密度が約1x10。cm²

る。ここで、MQW活性層18は発振波長が400nm クラッド層16A、n型光ガイド層17、MQW活性層 n mのG ao. 92 [no. 08 Nからなる井戸碣と厚さが約6 電流を注入する、幅が2μm~5μmのリッジ部31を [0275] 続いて、圧力が約300Torrの木素と て、一体化された選択成長層14Aの上に、n型超格子 18、p型光ガイド暦19、p型クラッド隔20及びp 型コンタクト陽21を順次成長して積層体30を形成す 帯となるレーザ発板を得るために、例えば、厚さが約4 【0276】その後、図27に示すように、ドライエッ チング法により、p型クラッド婦20の上部及びp型コ ンタクト層21 に対して、MWQ活性層18 に遊択的に 債層体30のA軸方向、すなわち凸部12gのストライ nmのGaNからなるパリア層とにより構成している。 **鑫素との混合雰囲気とし、基板温度を約970℃とし** プ方向と直交する方向に形成する。

10277] 続いて、新函体30におけるリッジ部31を含まない領域に対してドライエッチングを行なって、 1型砲格子クラッド隊16Aを適出した後、積層体30の路出面に絶縁隊22を推鎖する。続いて、絶縁膜22

における、リッジ部31の上島の敵域及びn 短超格子クラッド約16Aの上島の敵域にそれぞれ頭口部を設けた後、凝発法又はスパック出等により、リッジ部31における絶縁隊22の届口部からの韓出敵域上及びリッジ部31の周辺部 に1 厚部補収28を形成し、また、n 恒組格子クラッド約16Aの絶核戦22からの韓出徴域上にn 国語協議24を形成する。

[0278]次に、指称体30のA面、すなわちサファイアからなる基板11のM面でへき関することによって、非援端端直を形成する。サファイアのM面はへき開が容易であり、半導体レーザ赤子のへき開め歩留まりを良好に維持できる。なお、基板11と債的体30との間には、へき国面と平行にのびる複数で且つ2段構成の強緩第12。が存在するが、これらの登職部12。によってへき国の歩留まりが低下することはない。

【0279】次に、へき国した電腦点に適当な反射率を 投られるように認治体等によりコーティングを適し、ナップ状に分離して図27にボナ半導体レーナボイを実現 カッポーク解して図27にボナ半導体レーナボイを実現 【0280】第6の実施形態に係る半導体レーザ素子は、MQW指性約18を含む積熔体30のA輸力向に形成された実振器と、達取成長により形成されるM輸力向に延びるストライプ状の発展部12cとが直交するように設けられていることを特徴とする。

【0281】但し、このようにすると、図31から分かるように、MQW活性粉18のリッジ部31の長軸方向である電流14人質域は、各半導体的の核合部14aに集中する軽低がレーザ基子の動作に影響を与える域がある。ところが、MQW活性粉18の層内の低位を観測すると、頂面を低は接合部14aと無関係に面内で均っに約1×10。cm-2の密度で存在することを確認している。従って、電流注入関域が接合部14aを模切ることは半導体レーザ基子の高質性に悪影響を与えることは半導体レーザ基子の高質性に悪影響を与えることはない。

【0282】また、福結品である第2のシード時12日と遊校成長所14Aとの間でと軸にチルトが存在すると、A輪方向に形成された共阪器の場合は、基板面に対して重直な方向にうねるジグザグ洋波器となって導放出失を相く。その結果、レーザ素子の動作信流が増加するの 度がある。たしかに、図38に示すような能素のELの成がある。たしかに、図38に示すような能素のELの成がある。のしかに、図38に示すような能素のELの以及は立ちめ、倒えば発展部12cの幅が12シワンとすれば、流低差が10m以上のジグザグ薄波器と

[0283] 一方、チルト角が0.05度以下であると、高低差は5nm程度に抑えられるため、ジグザグ導
被弱の影響をほとんど無視できる。本実施形像において は、別のレーザ業子では空隙部12cを形成しながら成 長するテラル成長により、チルト角を0.03度以下 に抑えることができるので、ジグザグ導波器の発生を訪

なるため、レーザ素子の動作電流が増加する。

20

【0284】また、選択成長層14Aにおけるラテラル **或長した領域において、一様なステップフロー成長を観** 察している。このような平坦な表面上にMQW活性圏1 ず、均質なMQW活性層18を得られるので、動作電流 8 を成長すると、インジウムの局所的な偏折が起こら の低域を図ることができる。

グラフと同等であって、単棒性で良好な光強度分布を得 【0285】また、本実施形態に係る半導体レーザ茲子 における基板面に垂直な方向の遠視野像は図16に示す られている。

01

シード層12Bの各凸部12aの頂面から成長して一体 [0286] これは、第3の実施形態と同様に、第2の 化された選択成長層14Aにn型A1GaNを用いる共 に、n型AlGaNとn型GaNとを含む超格子構造を 侍つn型超格子クラッド個16Aがn型コンタクト 函を 兼ねている。これにより、MQW活性層18の光の閉じ 込め係数値が大きく向上するからである。

20 ミニウムの組成は、2%以上、好ましくは4%以上とす [0287] 前述したように、遊択成長層14Aのアル ると、光の基板11側への漏れを確実に防止することが

[0288] なお、本実施形態においては、第1及び第 用いると良く、混晶の組成に応じてラテラル成長に最適 2のシード層12A、12BにGaNを用いたが、一般 n, v, w≤1、u+v+w=1である。) からなる窒 化ガリウム系混晶、特にA1GaN又はGaInN等を 式Alu Gav In* N (但L, u, v, wは, 0≦ な成長条件を選べばよい。 【0289】また、第1のシード階12Aは、低温パッ ファ層を介して形成したが、第1のシード層に単結晶が 得られる方法を用いれば良い。

ート (NGO) 又は窒化ガリウム等を用いてもよい。但 し、炭化ケイ素を基板11に用いると、積層体30に引 m未満となるようにすることが望ましい。このようにす **の張り至みが加わり、クラックが発生しやすいため、溝** サファイアに代えて、例えば炭化ケイ茶、ネオジムガレ 第2のシード層12日が一体化されたときの膜厚が2μ ると、2回の選択成長及び積層体30の成長を行なった 部126の断面幅をできるだけ小さくすることにより、 【0290】また、基板11にサファイアを用いたが、 後でも積層体30にクラックが生じない。

[0291] このため、基板11の材料に無関係に3回 以上の選択成長は無意味であり、さらには、歪みに起因 する新たな不具合を生じるので好ましくない。

20 を用いたが、凸部12a及び溝部12bが形成でき、該 降部125の少なくとも底面にマスク膜13が残る方法 であれば、他の方法を用いてもよい。 すなわち、凸部1 2 Bの各上部の凸部12 aを形成する際にリフトオフ法 [0292] また、第1及び第2のシード層12A、1

2 a におけるマスク13により覆われていない領域のう ちのC面を種結晶として、空隙部12cが形成される方

用いることが好ましい。なお、誘電体膜の堆積にはEC 【0293】また、マスク膜13は、窒化シリコンに限 らず、第1の実施形態及びその第1変形例に示した誘電 体、非晶質の絶縁体、高融点金属又は高融点金属化物を Rスパッタ法を用いることにより、低温で良質のマスク 膜13を得ることができる。

有する窒化物半導体層を用いることにより、発光素子に 【0294】また、本実施形態に係る低転位密度領域を い。これにより、該半導体素子の高信頼性と高歩留まり 限らず、電子素子等の他の半導体素子を形成しても良 とを実現できる。

[0295] (第7の実施形態)以下、本発明の第7の 実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0296] 図32は本発明の第7の実施形態に係る窒 化ガリウム系半導体レー扩採子の断面構成を示してい

る。図32において、図1に示す構成部材と同一の構成 【0297】図32に示すように、第7の実植形態に係 る半導体レー扩素子は、シード億12の上部に設けられ たELO成長用の種結晶となり且つ第1の形成周期を持 つストライプ状の凸部12aと、積層体30の上部に設 けられ、電流往入用の1つのリッジ部31A及び該リッ ジ部31Aの位置合わせ用の複数のダミーリッジ部31 Bとを有している。これらリッジ部31A及びダミーリ 部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。 ッジ部31Bは、凸部12aと同一の方向に延び、且

つ、第1の形成周期と異なる第2の形成周期を持つよう 【0298】以下、前記のように構成された半導体レー に形成されている。

30

[0299] 図33~図35は本発明の第7の実施形態 に係る半導体レーザ素子の製造方法の工程順の断面構成 を示している。

ザ森子の製造方法について

図面を参照しなが

の説明す

[0300] まず、図33に示すように、MOVPE法 からなる基板11上にGaNからなるシード層12を成 長し、レジスト膜を用いたフォトリソグラフィ法及びド ライエッチング法により、成長したシード層12の上部 を用いて、第1の実施形態と阿様に、第1のサファイア に、リッジストライプ状の凸部12aを形成する。ここ し、溝部125の断面幅を約12μmとして、第1の形 では、一例として、凸部12aの断面幅を約4μmと 成周期を16μmとしている。

レジスト膜をリフトオフすることにより、凸部12aの 【0301】次に、ECRスパック法を用いて、凸部1 窒化シリコンからなるマスク膜13を堆積し、続いて、 2 a が形成されたシード層12の上に全面にわたって

少なくとも頂面をマスク膜13から露出する。ここで、

マスク膜13は、溝部126の壁面を覆っていてもよ く、綴っていなくてもよい。

る。ここでは、電流注入用のリッジ部31Aは、空隙部 域を窒化アルミニウム(AIN)からなる絶縁膜35で [0302] 続いて、MOVPE法により、第1の実施 形態と同様に、シード層12の上に、マスク膜13から 【0303】次に、図34に示すように、p型クラッド **愛20の上部及びp型コンタクト降21に対して、断面** 幅が約3ヵmで、周期が18ヵmの第2の形成周期を持 12cの上方で且つ接合部14aと低ならない領域、す し、金属アルミニウム及び窒素を原料として、リッジ部 31A及びダミーリッジ部31Bの側面及びその間の領 路出する凸部12×の頂面に現われるC面を桶結晶とし その後、ECRスパッタ法により、アルゴンを雰囲気と て、選択成長隔14及び積層体30を順次成長させる。 Oリッジ部31A及びダミーリッジ部31Bを形成す なわち、結晶転位が少ない低極位密度領域に形成する。

[0304] 次に、図35に示すように、積層体30に おけるリッジ部31Aを含まない領域に対して、ドライ エッチングを行なって、n型コンタクト層15を、n型 クラッド園16によるダミーリッジ部31が形成される ように露出した後、積層体30の露出面に窒化シリコン からなる絶縁膜22を堆積する。 [0305] 次に、図32に示すように、四フッ化炭素

20

開口部を設ける。その後、リッジ部31A及びその側方 により、絶縁膜22における、リッジ部31Aの上側及 び側方部分、並びに 1型コンタクト層 15における 1つ における絶縁膜22の開口部からの露出領域上にp 極23を形成すると共に、n型コンタクト層15の上に おけるダミーリッジ部31B及びその側方における絶縁 膜22の閉口部からの露出領域上にn側電極24を形成 する。なお、絶縁膜22におけるリッジ部31Aの上側 及び側方部分を除去する際に、絶縁膜22の下側に形成 されている絶縁膜35も多少はエッチングされるが、注 のダミーリッジ部31Bの上側及び側方部分にそれぞれ **入電流に対する電流狭窄及び水平横モード制御に影響が** (CF4) を用いた反応性イオンエッチング (R1E) ない程度であれば無視してもよい。

【0306】以上のようにして得られた半導体レーザ茶 子は、厚さが約3nmのGao.8 Ino.2 Nからなる井 戸層と厚さが約6mmのGaNからなるパリア層とから 構成されたMQW活性圏18により、改長が約403n mのレーザ発版を起こす。

【0307】以下、本実植形態に係る半導体レーザ素子 の製造方法の特徴であるリッジ部31A及びダミーリッ ジ部31Bと凸部12aとの位置合わせ方法を図面に基

A用のリッジ部31Aは積層体30における低極位密度 [0308] 前述したように、図32において、電流注

領域に形成することが半導体レーザ系子の特性の向上を 図る上で必須となる。

特丽2002-9004

9

ち、高海は人用とした海になリッツに31をよしれ図が 【0309】 図36 (x) は複数のリッジ語31のう

6る。〇印を仕したサッジ部31は、西部12gと接合 第14aとの間にあった、最も転位密度が低い領域に位 置している。これとは逆に、×印を付したリッジ部31 は高幅位金度領域上に位置している。 [0310] 深った、図35に示した、ロ型コンタクト **層15を雰囲するエッチング工程において、○印を付し** たリッジ部31を電流注入川のリッジ部31Aとして残

したむくが数だわり、

(b) に示すように、リッジ等31Aとダミーリッジ等 3.1.Bとを容易に引つ確実に適別できるように、以下の [0311] それで、本実施形態においては、図36 ような方法を採る。

B)を持つリッジ部31A及びダミーリッジ部31Bを 区別できるように番号等を任しておく。ここでは、番号 2を付したリッジ部31を電流注入用のリッジ部31A [0312] あらかじめ、第2の形成周囲 (パターン

[0313] …力、ウエハ上には、リッジ第31ごとに **付された番号と対応するように、例えば、基板11上に** おけるレーザ素子同士の間のへき開選域等に、合わせマ **ーク(=アライメントパターン)を設けておく。本実施** 形態の場合は、第1の形成周期 (パターンA) と第2の 形成周期 (パターン13) との差は2 μ m であるため、バ ターンBを8回繰り返すと、丘いに近接するリッジ部3 1と凸部12 aとの互いの位置関係が同一となる。ほっ て、少なくとも8個の合わせマークを用意すれば、番号 1~8の間には、〇印を付すことができるリッジ部31 が少なくとも1つ存在することになる。

[0314] 従って、図35に示したエッチング工程に おいては、一例として、植層体30における番号3のダ の間の領域に、フォトマスクの境界を合わせれば、電流 ミーリッジ部31Bと番号4のダミーリッジ部31Bと 注入用のリッジ部31Aを残すことができる。

【0315】また、p側電極23を形成する際に絶縁膜 2.2に対して関ロ部を形成するエッチングの際にも、番 [0316] なお、レーザ素子のチップ幅は約300μ 号2が付されたリッジ部31Aを容易に認識できる。

[0317] さらに、シード府12と遊択成長層14と の間にストライブ状の空隙部12cが形成されているこ m~500μmであるため、帝号1~8の第3の周期が 1回でなく、2、3回現われる。

とによる、マスクの位置合わせ時に生じる効果について 説明する。この効果は、シード層12の上部に設けた空 **隙部12 c 同士の間の凸部12 a の頂面をELO成長の** 権結晶に用いることから生じている。すなわち、転位が 少ないリッジ部31を選択するには、光学顕微鏡等を用

位密度領域)の位置が明確となるので、凸部12aと接 きるようになる。その結果、フォトリソグラフィ工程に 観察光の屈折率差が大きくなるため、凸部12a (高転 Aの候補となるリッジ部31を容易に且つ確実に区別で いて上方から観察する際に、積層体30における低転位 密度領域を特定できなくてはならない。 本実施形態にお 合部14aとの間に位置する電流注入用のリッジ部31 おけるマスクの位置合わせが容易となり、フォトリソグ いては、図32に示すように、空隙部12cによって、 ラフィ工程のスループットを向上できる。

要はなく、各形成周期が互いにずれるような構成であれ をいずれも一定の周期としたが、必ずしも一定である必 ばよい。例えば、各形成周期が等差級数を満足するよう [0318] なお、本実施形態においては、凸部12a の第1の形成周期と、リッジ部31の第2の形成周期と な数列群を構成していていもよい。

【0319】また、絶縁膜35に窒化アルミニウムを用 **収比が十分に大きければ良く、これらの代わりに、例え** ば、絶縁膜35が酸化シリコンで且の絶縁膜22が窒化 シリコンであっても良い。また、絶縁膜22に対するエ のエッチングの際に、絶縁膜35に対してエッチング選 ッチングはウエットエッチングでも ドライエッチングで い、絶縁膜22に窒化シリコンを用いたが、絶縁膜22

ても良く、さらに好ましくは、タングステン等の高融点 サファイアに代えて、例えば歧化ケイ素、ネオジウムガ 【0321】また、マスク膜13には、ECRスパッタ **法による窒化シリコンや酸化シリコン等の誘電体を用い** レート (NGO) 又は窒化ガリウム等を用いてもよい。 【0320】また、基板11にサファイアを用いたが、 金属やそのシリサイド化物を用いると良い。

[0322]また、シード層12の上部の凸部12aを 形成する際にリフトオフ法を用いたが、凸部12 a及び 【0323】また、本実施形態に係る、互いに周期が異 **溝部12bが形成できる方法であればよい。**

なる2種類の周期構造体を用いる方法は、従来のELO **或長法等にも適用できる。**

と、ELO成長する選択成長層が、ELO成長時のマス 【0325】また、マスク膜の上に析出する多結晶体の め、選択成長層及びその上に成長する積層体の結晶の品 【発明の効果】本発明の窒化物半導体の製造方法による 位が向上する。従って、本発明の窒化物半導体を用いた 影響を受けなくなるするための凸部同士の間を壁面とす 窒化物半導体素子の動作特性及び信頼性を向上できる。 ク膜の上に折出する多結晶体の影響を受けなくなるた [0324]

20 ても済み、また、選択成長層の結晶成長軸のチルトを低 [0326]また、空隙部を設けることにより、共振器 端面を自然形成でき、該共振器端面をへき開面としなく る空隙部により、光閉じ込め係数値を向上できる。

減でき、マスクの位置合わせをも容易に行なえるように

[図面の簡単な説明]

[図1] 本発明の第1の実施形態に係る窒化ガリウム系 半導体レーザ紫子を示す構成断面図である。

【図2】 (a) 及び (b) は本発明の第1の実施形態に 係る窒化ガリウム系半導体レーザ森子の製造方法を示す 工程順の構成断面図である。

【図3】(a)及び(b)は本発明の第1の実施形態に 係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示す 工程順の構成断面図である。 【図4】本発明の第1の実施形態に係る窓化ガリウム系 半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面図

半導体レーザ素子の製造方法の特徴を示す模式的な断面 【図5】本発明の第1の実施形態に係る窒化ガリウム系

【図6】(a) ~ (d)は本発明の第1の実施形態に係 る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法の特徴を 図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の第1変形例に係る窒 化ガリウム系半導体レーザ素子の選択成長層の室温にお けるフォトルミネッセンスを、第1の実施形態と比較し た結果を示すグラフである。

段階的に示す模式的な断面図である。

【図8】本発明の第1の実施形態の第2変形例に係る窒 化ガリウム系半導体レーザ素子を示す構成断面図であ 【図9】本発明の第2の実施形態に係る窒化ガリウム系 半導体レーザ案子を示す構成断面図である。

【図10】 (a) 及び (b) は本発明の第2の実施形態 に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示 す工程順の構成断面図である。 30

【図11】本発明の第2の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面 図である。

【図12】本発明の第2の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レーザ茶子の製造方法を示す工程順の構成断面 図である。 【図13】本発明の第2の実施形態に係る窒化ガリウム 米半導体フー扩 紫子から出射されるフーザ光の共振器端 【図14】本発明の第3の実施形態に係る窒化ガリウム 面に平行な方向における遠視野像を示すグラフである。

40

条半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

条半導体レーザ茶子のリッジ部における基板と垂直な方 【図15】本発明の第3の実施形態に係る釜化ガリウム 向の屈折率分布と、共振器端面の光強度分布との関係を

【図16】本発明の第3の実施形態に係る窒化ガリウム **条半導体レー扩素子から出射されるレーザ光の共振器端** 面に平行な方向における遠視野像を示すグラフである。

【図17】本発明の第3の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レーザ素子における積層体30を形成する前の 遊択成長層の光学顕微鏡による平面写真と、それと対応 【図18】本発明の第4の実施形態に係る窒化ガリウム する構成断面図である。

第2の従来例に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の 長機構を模式的に表わした断面構成図である。(6)は 製造方法における選択成長機構を模式的に表わした断而 【図19】 (a) は本発明の第4の実施形態に係る選化 ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法における選択成 ※半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

図である。

【図20】 (a) は本発明の第4の実施形態に係る窓化 ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法において選択成 長届を2段階で形成する効果を示す部分的な斜視図であ る。(b)は比較用であって、窒化ガリウム系半導体レ **ーザ素子の選択成長層の側面にうねりが生じる様子を示** す部分的な斜視図である。

係る窒化ガリウム系半導体レーザ系子の製造方法の特徴 [図21] (a) ~ (d) は本発明の第4の実施形態に を段階的に示す模式的な断面図である。

[図22] 本発明の第5の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レーザ素子における積層体のM面、すなわち基 阪のA面における様成暦市区である。

【図23】本発明の第5の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レー扩素子を示し、図22のXXIIIーXXIII線に おける構成断面図である。 [図24] 本発明の第5の実施形態の第1変形例に係る 【図25】 本発明の第5の実施形態の第2変形例に係る 輩化ガリウム系半導体レーザ素子における積層体のM 窒化ガリウム系半導体レーザ素子における積層体のM 面、すなわち基板のA面における構成断面図である。 面、すなわち基板のA面における構成断面図である。

【図26】本発明の第5の実施形態の第3変形例に係る 【図27】本発明の第6の実施形態に係る窒化ガリウム 系半導体レーザ素子における積層体のA面、すなわち基 窒化ガリウム系半導体レーザ素子における積層体のM 面、すなわち基板のA面における構成断面図である。 版のM面における構成断面図である。

[図28] (a) 及び(b) は本発明の第6の実施形態 に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示 す工程順の構成断面図である。 【図29】 (a) 及び(b) は本発明の第6の実施形態 に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示 す工程順の構成断面図である。 【図30】(a)及び(b)は本発明の第6の実施形態 に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示 す工程順の構成断面図である。

(32)

特開2002-9004

図である。

[図33] 本発明の第7の実施形態に係る窒化ガリウム [図32] 本発明の第7の実施形態に係る窒化ガリウム 条半導体レー扩素子の構成断面図である。

条半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面 [図34] 本発明の第7の実施形態に係る窒化ガリウム 条半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面 国である。

[図35] 本発明の第7の実施形態に係る電化ガリウム 系半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面 困なある。 [図36] (a) 及び(b) は本発明の第7の実施形態 に係る窓化ガリウム系半導体レーザ素子の製造方法を示 し、(a)は電流注入用に使用が適当なリッジ部と不適 治なリッツ部とを示す権重図があり、(b)はリッツ部 ゴとに識別用の目仰を周期的に使した様子を示す所面図 である。

[図37] 第1の従来例に係る強化ガリウム系半導体レ ーナ紫子の韓収黙相図いわる。

【図38】第2の従来例に係るELOG法によって形成 された釜化ガリウムの結晶転位の

【図39】第2の従来例に係る窓化ガリウム系半導体レ ザ茶子の構成断面図である。分布を模式的に表わした 構成時間図である。 [図40] (a) ~ (d) は第2の従来例に係る窓化ガ リウム系半導体レーザ素子の製造方法における結晶成長

[図41] 第1の従来例に係る変化ガリウム系半導体レ の様子を段階的に示す模式的な断面図である。

ーザ茶子のリッジ部における基板と垂直な方向の風折率 分布と、共振器端面の光強度分布との関係を示すグラフ [図42] 第1の従来例に係る窓化ガリウム系半導体レ 一ザ茶子の道視野像を示している。

[図43] 第1の従来例に係る流化ガリウム係レーザ素 子における基板と共振器のへき開端面を示す模式的な斜

[符号の説明] 視図である。

シード窓) 일 2

1 2 ii

回納 (雑部) 2 b

マスク膜 空隙部 12 c 3

選択成長的 14a 商标位密度領域

1 4 b

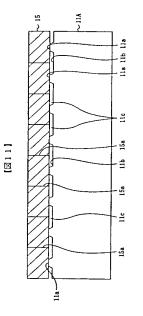
20

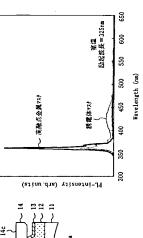
条半導体レーザ素子の製造方法を示す工程順の構成断面

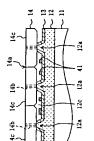
【図31】本発明の第6の実施形態に係る窒化ガリウム



-33-





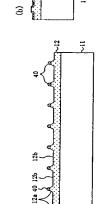


[1×1]

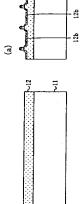
[2]

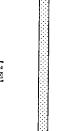
- 22

129



(P)





(a)

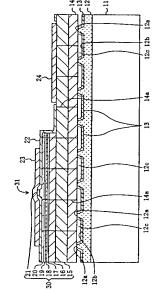


[⊠3]

[🖾 2]

14a - 14a 12b 14a

[⊠4]



[[🖾]

2.2 絶縁膜	23 p间電極	2.4 n 间電極	25 p側配線電極	26 n側配線電極	30 積層体	31 リッジ部	31A リッツ部	31B ダミーリッジ部	10 3.2 共振器端面	34 選択成長シード階	35 桅線膜	40 レジストパターン	4.1 多結晶体	
低転位密度領域	うねり	遊択成長層	第1の選択成長層	第2の選択成長層	n型コンタクト隔	接合部	n型超格子コンタクト層	n型クラッド層	n型超格子クラッド層	n型光ガイド隔	多重量子井戸(MQW)活性隔	p型光ガイド層	p型クラッド層	p型コンタクト層
14 c	1 4 d	14A	14B	14C	1 2	15a	15A	16	16A	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1

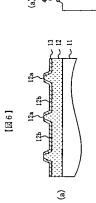
特開2002-9004

64

E

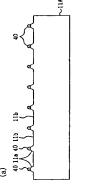
[6]

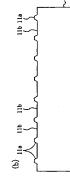
[🖾 1 0]



9

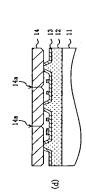




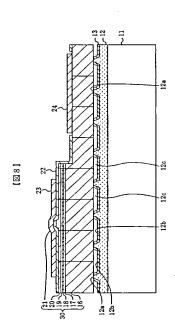


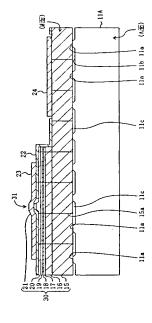


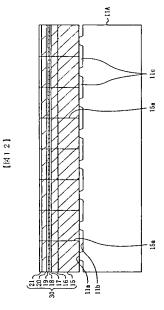
છ

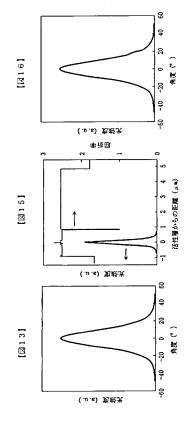








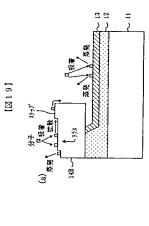




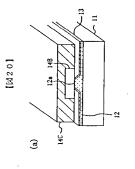
-35-

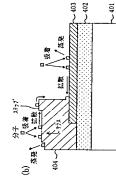
[🖾 1 4]

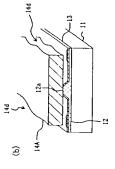




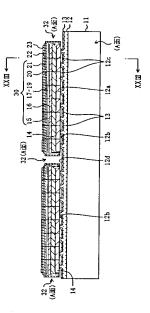
12c 12b 12a

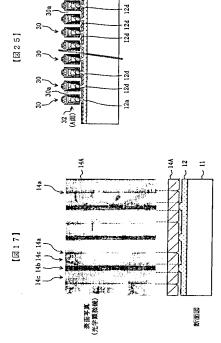




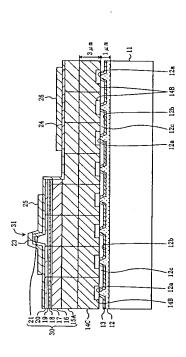


[図22]











(40)

[図26]

-39-

12c [国30] 12c 150 12c 12c (A) 12e 12b 12e 12b 12b 126 <u>- 15</u> 12b 12p 9 4- (g [12 2 7] [図29] 12p 12p 12p 12b (A間) (a) 9

[🖾 2 3]

9

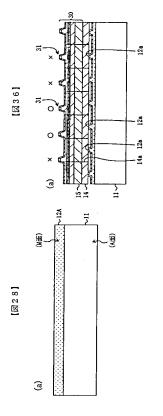
ું

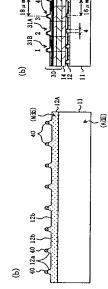
ਉ

(33)

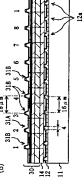
(a)

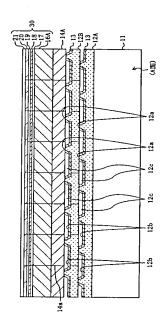
(41)

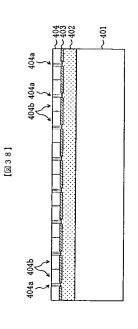


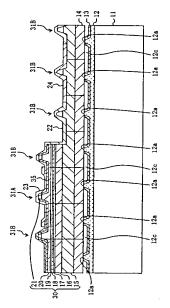


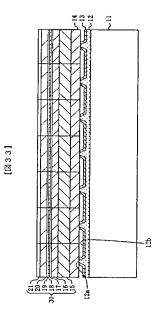
[🖾 3 1]

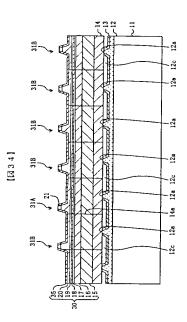








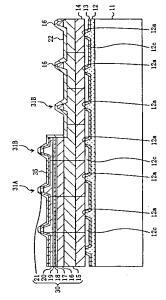


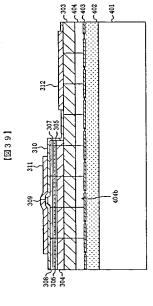


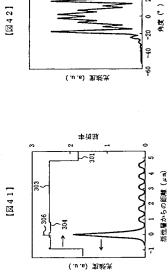
(44)

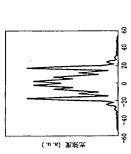
(43)

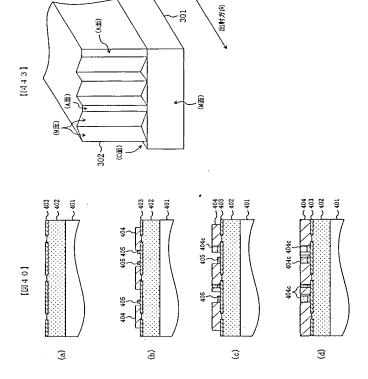
[🖾 3 5]











(31)優先権主張番号 特	特類2000-18407 (P2000-18407)	(72) 発明者	让村 歩
(32) 優先日 平	平成12年1月27日(2000. 1. 27)		人版的門兵市
(33)優先権主張国 日	日本 (JP)		高类株式会社
(31)優先権主張番号 特	特類2000-25931 (P2000-25931)	(72) 発明者	(1) (4) (1)
(32)優先日 平	平成12年2月3日(2000. 2. 3)		大阪所門真市
(33) 優先権主張国 日	日本 (JP)		産業株式会社
(31)優先権主張番号 特	特類2000-48824 (P2000-48824)	(72) 卷明者	鈴木 政勝
(32)優先日 平	平成12年2月25日(2000. 2. 25)		大阪府門真市
(33) 優先權主張回 日	日本 (JP)		催素株式会社
(31)優先権主張番号 特	特額2000-120760 (P2000-120760)	(72) 発明者	※ 雅博
(32) 優先日 平	平成12年4月21日(2000. 4. 21)		大阪府門真市
(33) 優先權主張国 日	日本 (JP)		産業株式会社
(31) 優先権主張番号 特	特額2000-120761 (P2000-120761)	(72) 從明者	宮水 良子
(32) 優先日 平	平成12年4月21日(2000. 4. 21)		大阪府門兵市,
(33)優先権主張国 日	日本 (JP)		定集株式会社
(72) 発明者 背原 岳		(72) 经明者	禁田 清之
100 000	图集人名 计数000xxxxx 计十并图象设计		A-PC menn of the

(72) 発明者 長谷川 義晃 大阪府門真市大字門其1006番地 粒下電器 産業株式会社内

F ターム(電子) 5F041 AA40 CA04 CA05 CA34 CA40 CA46 CA65 CA67 C802 FF16 5F045 AA04 AA19 AB14 AB17 AB18 AB31 AB32 AC01 AC08 AC12 AC19 AF09 AF12 AF13 BB12 CA10 CA12 DA53 DA54 DB02 DB06

5F073 AA11 AA13 AA45 AA55 AA74 CA07 CB05 CB07 DA05 DA07 DA35 EA29